

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-357408

(P2002-357408A)

(43)公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト*(参考)

G 0 1 B 11/25

11/00

11/24

G 0 6 T 1/00

7/60

3 0 0

1 8 0

G 0 1 B 11/00

G 0 6 T 1/00

7/60

G 0 1 B 11/24

H 2 F 0 6 5

3 0 0 5 B 0 5 7

1 8 0 B 5 L 0 9 6

E

K

審査請求 有 請求項の数32 O L (全 32 頁)

(21)出願番号

特願2002-62752(P2002-62752)

(22)出願日

平成14年3月7日(2002.3.7)

(31)優先権主張番号

特願2001-133388(P2001-133388)

(32)優先日

平成13年3月25日(2001.3.25)

(33)優先権主張国

日本 (J P)

(71)出願人 000002945

オムロン株式会社

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町

801番地

(72)発明者 岡田 道俊

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町

801番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 松永 達也

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町

801番地 オムロン株式会社内

(74)代理人 100098899

弁理士 飯塚 信市

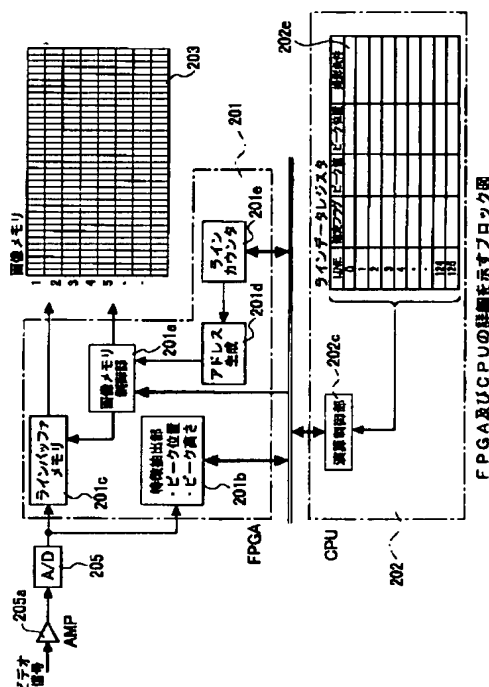
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学式計測装置

(57)【要約】

【課題】 例えば、表面反射率が相違したり、表面に溝が存在したり、表面に傾斜面が存在したり、表面に曲面が存在するような計測対象物に対しても、高精度な断面輪郭線計測が可能なスリット光切断法を使用した光学式計測装置を提供すること。

【解決手段】 撮影条件の異なる複数枚の画像を取得するマルチ画像取得手段と、マルチ画像取得手段により取得された複数枚の画像の中から、予め設定された区画領域毎に、規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を抽出すると共に、それら抽出された各区画領域画像を寄せ集めることにより一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成する画像合成手段と、画像合成手段により生成された合成画像に含まれる一連の断面輪郭線部分像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び/又は判定値を生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、前記計測対象物体表面のスリット光照射位置を前記スリット光の照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子により撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、前記撮影手段を介して得られる画像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも 1 つの値を変更することにより画像の輝度を走査可能なパラメータ値変更手段とを備えて、前記撮影条件の異なる複数枚の画像を取得するマルチ画像取得手段と、マルチ画像取得手段により取得された複数枚の画像の中から、予め設定された区画領域毎に、規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を抽出すると共に、それら抽出された各区画領域画像を寄せ集めることにより一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成する画像合成手段と、前記画像合成手段により生成された合成画像に含まれる一連の断面輪郭線部分像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び／又は判定値を生成する計測手段と、を具備する光学式計測装置。

【請求項 2】 前記計測値が、スリット光照射位置に沿った前記計測対象物体表面についての、前記マルチ画像取得手段からの距離の分布である、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 3】 前記画面の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータには、前記光源の光量及び／又は前記二次元撮像素子のシャッター時間が含まれている、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 4】 前記パラメータ値の変更単位量が可変とされている、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 5】 前記パラメータ値の最大変更範囲が可変とされている、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 6】 前記パラメータ値の最大変更範囲がテスト計測結果に応じて自動設定される、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 7】 前記パラメータ値の変更単位量及び／又は最大変更範囲が、取得される区画領域画像中の断面輪郭線部分像の輝度に応じて自動修正される、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 8】 前記区画領域画像抽出のために予め設定された区画領域が、前記二次元撮像素子により取得される画像における 1 若しくは隣接する 2 以上の本数の水平走査ラインで構成される領域に相当する、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 9】 前記画像合成手段が、前記二次元撮像素子の 1 画面分の画像が書き込み可能な画像メモリと、前記画像メモリを適宜に区画してなる各区画領域毎に書

込許可又は書込禁止を記憶する書込制御フラグメモリと、

前記マルチ画像取得手段にて取得される画像を書込制御フラグメモリの内容に従って前記画像メモリに各区画領域単位で書き込む画像書込手段と、

前記画像メモリの各区画領域に規定の最大輝度条件を満足する断面輪郭線部分像を含む区画領域画像が書き込まれた時点で、その区画領域に対応する書込制御フラグメモリを書込禁止に設定するフラグ制御手段と、を含む請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 10】 前記画像メモリの各区画領域の全てに又は予定される全てに規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像が書き込まれたときに、マルチ画像取得手段における画像取得を終了させる、請求項 9 に記載の光学式計測装置。

【請求項 11】 前記画像メモリが 1 又は隣接する 2 以上の水平走査ラインで構成される領域毎に区画されてそれぞれが前記区画領域とされている、請求項 9 又は 10 に記載の光学式計測装置。

【請求項 12】 前記マルチ画像取得手段は第 1 のハウジングに收容されてセンサヘッドユニットを構成すると共に、前記画像合成手段及び前記計測手段は第 2 のハウジングに收容されて信号処理ユニットを構成している、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 13】 前記信号処理ユニットには画像モニタが外部接続可能とされている、請求項 12 に記載の光学式計測装置。

【請求項 14】 光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、前記計測対象物体表面のスリット光照射位置をスリット光照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子を使用して撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、前記撮影手段を介して得られる画像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも 1 つの値を変更することにより画像の輝度を走査可能なパラメータ値変更手段とを備えて、前記撮影条件の異なる複数枚の画像を取得し得るようにしたマルチ画像取得装置。

【請求項 15】 単一のハウジングを有するセンサヘッドユニットとして構成された請求項 14 に記載のマルチ画像取得装置。

【請求項 16】 光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、前記計測対象物体表面のスリット光照射位置をスリット光照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子を使用して撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、前記撮影手段を介して得られる画像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも 1 つの値を変更することにより画像の輝度を走査可

能なパラメータ値変更手段とを備えて、前記撮影条件の異なる複数枚の画像を取得するマルチ画像取得装置に接続して使用されるものであって、

前記マルチ画像取得装置により取得された複数枚の画像の中から、あらかじめ設定された区画領域毎に、規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を抽出すると共に、それら抽出された各区画領域画像を寄せ集めることにより一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成する画像合成手段と、

前記画像合成手段により生成された合成画像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び／又は判定値を生成する計測手段と、を備えて、前記計測対象物体に関する断面計測を行い得るようにした信号処理装置。

【請求項 17】 単一のハウジングを有する信号処理ユニットとして構成された請求項 16 に記載の信号処理装置。

【請求項 18】 前記画像合成手段により生成される合成画像中の断面輪郭線像の部分的欠落を補正する画像補正手段をさらに有する、請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 19】 前記画像補正手段が、合成画像を構成する各水平走査ラインの画像について断面輪郭線部分像の有無をライン順にチェックしつつ、断面輪郭線部分像の欠落している水平走査ラインの画像については、直前の水平走査ラインと同一の画像で置き換える、請求項 18 に記載の光学式計測装置。

【請求項 20】 前記画像補正手段が、合成画像を構成する各水平走査ラインの画像について断面輪郭線部分像の有無をライン順にチェックしつつ、断面輪郭線部分像の欠落している水平ラインの画像については、その前後の水平ラインの画像を使用して補間する、請求項 18 に記載の光学式計測装置。

【請求項 21】 前記画像補正手段が、合成画像を構成する各水平走査ラインの画像について断面輪郭線部分像の有無並びに基準値よりの輝度大小をライン順にチェックしつつ、断面輪郭線部分像の欠落している水平ラインの画像については、その前後のラインの断面輪郭線部分像の輝度連続性に応じて補間又は放置する、請求項 18 に記載の光学式計測装置。

【請求項 22】 画像モニタの画面上に所定の映像を映し出すためのモニタ出力を生成するモニタ出力生成手段をさらに有する請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 23】 前記所定の映像には、前記合成画像が含まれている、請求項 22 に記載の光学式計測装置。

【請求項 24】 前記所定の映像には、前記合成画像から選択された水平走査ラインを示すカーソルと、前記カーソルにて選択された水平走査ラインの輝度分布曲線がさらに含まれている、請求項 23 に記載の光学式計測装置。

【請求項 25】 前記所定の映像には、前記合成画像から選択された水平走査ラインを示すカーソルと、前記カーソルにて選択された水平走査ラインの撮影条件を示す表示がさらに含まれている、請求項 23 に記載の光学式計測装置。

【請求項 26】 前記所定の映像には、前記合成画像を構成する各水平走査ライン毎に、その水平走査ラインに断面輪郭線部分像の無しを示すマークがさらに含まれている、請求項 23 に記載の光学式計測装置。

10 【請求項 27】 前記所定の映像には、前記合成画像を構成する各水平走査ライン毎に、その水平走査ラインに断面輪郭線部分像の有りを示すマークがさらに含まれている、請求項 23 に記載の光学式計測装置。

【請求項 28】 画像モニタの画面とポインティング・デバイスとを介してオペレータとの対話を行うためのグラフィカル・ユーザ・インタフェースをさらに有する請求項 22 に記載の光学式計測装置。

20 【請求項 29】 前記計測対象物体との相対移動に対して計測位置を追従させるためのトラッキング制御手段をさらに有する請求項 1 に記載の光学式計測装置。

【請求項 30】 前記計測位置が、前記マルチ画像取得手段から前記計測対象物体表面までの距離の計測位置であり、前記相対移動が前記距離の変化する方向と垂直な方向への移動である、請求項 29 に記載の光学式計測装置。

【請求項 31】 前記計測位置が、前記マルチ画像取得手段から前記計測対象物体表面までの距離の計測位置であり、前記相対移動が前記距離の変化する方向への移動である、請求項 29 に記載の光学式計測装置。

30 【請求項 32】 前記計測位置が、前記マルチ画像取得手段から前記計測対象物体表面までの距離の計測位置であり、前記相対移動が前記距離の変化する方向と垂直な方向への移動及び前記距離の変化する方向への移動の双方を含んでいる、請求項 29 に記載の光学式計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、計測対象物体の断面輪郭形状を検査する場合等に好適な光切断法を利用した光学式計測装置に係り、特に、表面性状等に起因して濃度の均一な光切断面の輪郭像が得難いような計測対象物体に対しても、高精度計測を実現可能とした光学式計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、計測対象物体表面のスリット光照射位置をスリット光照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子を使用して撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、この撮影手段を介して得られる光切断面の断面輪郭線像に基づいて、所定の計測処理を実行することによ

り計測値及び／又は判定値を生成する計測手段と、を具備する、光切断法を利用した光学式計測装置（『変位センサ』とも称される）は従来より知られている。ここで、スリット光の断面のなす直線の方法は、二次元撮像素子の視野内においては、垂直走査方向に対応する。また、計測装置（一般には、センサヘッド）と計測対象物体との距離が変化したときにスリット光のなす断面輪郭線像が計測対象物体表面上で移動する方向は、二次元撮像素子の視野内においては、水平走査方向に対応する。これにより、二次元撮像素子の受光面には、光切断断面の断面輪郭線像が結像される。

【0003】斯かる光学式計測装置によれば、切断光として直線状断面を有するスリット光を採用しているため、切断光として点状断面を有するスポット光を採用するもののように、切断光と計測対象物体とを相対移動させずとも、計測対象物体表面の一定直線に沿う一連の計測点の情報を一括して取得することができる。そのため、例えば生産ラインを流れる工業製品の検査等に応用すれば、それら一連の計測点の情報に基づいて、計測対象物体表面各部の寸法を精密に測定して、製品の良否判定等を迅速かつ確実に行うことができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この種の工業製品の検査等においては、様々な表面性状を有する計測対象物体を想定せねばならない。工業製品の中には、表面性状（例えば、表面の粗さ、色彩等）が一様でないことから、反射率が部分的に異なるものがある。

【0005】このような場合に、反射率の高い部分をA部、低い部分をB部とすると、計測対象物体に照射されたスリット光のうちで、A部に照射されたスリット光部分の像が鮮明に映し出される撮影条件で二次元撮像素子による撮影を行うと、B部に照射されたスリット光部分の像は輝度不足となる。逆に、B部に照射されたスリット光部分の像が鮮明に映し出される撮影条件で二次元撮像素子による撮影を行うと、A部の画像が輝度飽和して正常な計測が行われないことがある。

【0006】このことが、図41(a)、(b)に示されている。図41(a)において、左側にはスリット光の照射位置に沿う計測対象物体の側断面が、右側には二次元撮像素子から得られる画像がそれぞれ示されている。この計測対象物体は、図中白抜きで示す左半分領域と図中黒塗りつぶしで示す右半分領域が存在する。左半分領域は図中太く長い2本の上向き矢印で示すように反射率が大であり、右半分領域は図中細く短い1本の上向き矢印で示すように反射率が小である。一方、二次元撮像素子から得られる画像を見ると、横長の長方形として描かれているのが、二次元撮像素子の一画面分の画像である。図中左右方向がスリット光の断面線方向に相当し、上下方向が計測対象物体の高さ方向に相当する。一画面分の画像内の左下に描かれた左右方向へ延びる太い

直線が、計測対象物体上に照射されたスリット光の照射光の像である。本来この太い直線は、画面の左右方向の幅のほぼ全体に延びていなければならない。この例では、計測対象物体の右半分領域の反射率が小のため、右半分に相当する部分は十分な輝度が得られず、そのために図では点線で示す右半分が欠落している。このような画像に基づいて計測を行うと、計測対象物体の左半分領域の一連の高さ（断面輪郭線）は計測できるが、右半分領域については計測不能となる。

【0007】次に、図40(b)において、この計測対象物体は、左側の大部分を占める左側領域と右側の大部分を占める右側領域と、それらの領域に挟まれた溝領域とを有する。左側領域と右側領域とは図中太く長い2本の上向き矢印で示すように反射率が大であり、点線で囲まれた溝領域は図中細く短い1本の上向き矢印で示すように反射率が小である。一方、二次元撮像素子から得られる画像を見ると、一画面分の画像内の下部に描かれた左右方向へ延びる中央が途切れた太い直線が、計測対象物体上に照射されたスリット光の照射光の像である。この例では、計測対象物体の溝領域の反射率が小のため、溝領域に相当する部分は十分な輝度が得られず、そのために図では左右方向へ延びる太い直線の点線で囲まれた中央部分が欠落している。このような画像に基づいて計測を行うと、計測対象物体の溝領域を除く左側領域並びに右側領域の一連の高さ（断面輪郭線）は計測できるが、溝領域については計測不能となる。

【0008】また、工業製品の中には、表面の一部が傾斜していることから、反射率が部分的に異なるものがある。このような場合、反射光量が不足し、画像が暗くなり、正常に計測ができないことがある。

【0009】このことが、図42(a)に示されている。図の記載上の約束事は上記と同様である。この計測対象物体は、左側水平低領域と、中央水平高領域と、右側水平低領域と、左側水平低領域と中央水平高領域とを繋ぐ左側傾斜領域と、中央水平高領域と右側水平低領域とを繋ぐ右側傾斜領域とを有する。左右の水平低領域と中央水平高領域とは図中太く長い上向き矢印で示すように反射率が大であり、点線で囲まれる左右の傾斜領域は反射率が小である。一方、二次元撮像素子から得られる画像を見ると、一画面分の画像内に描かれた左側、中央、右側の左右方向へ延びる3本の直線と、それらを結ぶ左右の傾斜直線とが、計測対象物体上に照射されたスリット光の照射光の像である。この例では、計測対象物体の左右の傾斜領域の反射率が小のため、それら傾斜領域に相当する囲まれた部分は十分な輝度が得られず、そのために図では左右の傾斜部分に相当する点線で囲まれた領域については、暗くなっている。このような画像に基づいて計測を行うと、計測対象物体の左右の傾斜領域を除く左右の水平低領域並びに中央の水平高領域の一連の高さ（断面輪郭線）は計測できるが、左右の傾斜領域に

つについては輝度不足により正常な計測が不能となる。

【0010】また、工業製品の中には、表面の一部が曲面となっていることから、反射率が部分的に異なるものがある。このような場合、反射光量が不足し、画像が暗くなり、正常に計測ができないことがある。

【0011】このことが、図42(b)に示されている。図の記載上の約束事は上記と同様である。この計測対象物体は、左右の平面領域と中央の曲面領域とを有する。左右の平面領域は図中太く長い矢印で示すように反射率が大であり、図中点線で囲まれる中央の曲面領域は反射率が小である。一方、二次元撮像素子から得られる画像を見ると、一画面分の画像内に描かれた左側及び右側の左右方向へ延びる2本の直線が、計測対象物体上に照射されたスリット光の照射光の像である。この例では、計測対象物体の曲面部分の反射率が小のため、その曲面部分に相当する部分は十分な輝度が得られず、そのため図中点線で囲まれた中央領域については、著しく輝度が低くなり像が欠落している。このような画像に基づいて計測を行うと、計測対象物体の中央曲面領域を除く左右の平面領域の一連の高さ(断面輪郭線)は計測できるが、中央曲面領域については輝度不足により計測が不能となる。

【0012】この発明は、このような従来の問題点に着目してなされたものであり、その目的とするところは、例えば、表面反射率が相違したり、表面に溝が存在したり、表面に傾斜面が存在したり、表面に曲面が存在するような計測対象物に対しても、高精度な断面輪郭線計測が可能なスリット光切断法を使用した光学式計測装置を提供することにある。

【0013】この発明の他の目的とするところは、ノイズ等の原因により断面輪郭線像の一部が局部的に欠落したような場合には、これを適宜に修復可能な光学式計測装置を提供することにある。

【0014】この発明の他の目的とするところは、計測対象物体表面上のスリット光が照射されている部分の中の特定部分を目的として計測対象領域を設定して計測を行う場合において、前記特定部分と計測対象領域とのずれを自動的に修正可能とした光学式計測装置を提供することにある。

【0015】この発明のさらに他の目的並びに作用効果については、以下の明細書の記載を参照することにより、当業者であれば容易に理解されるであろう。

【0016】

【課題を解決するための手段】この発明の光学式計測装置は、マルチ画像取得手段と、画像合成手段と、計測手段とを備えている。

【0017】マルチ画像取得手段は、光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、前記計測対象物体表面のスリット光照射位置を前記スリット光の照射角度とは異なる角度から

二次元撮像素子により撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、前記撮影手段を介して得られる画像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも1つの値を変更することにより画像の輝度を走査可能なパラメータ値変更手段とを備えて、前記撮影条件の異なる複数枚の画像を取得する。

【0018】画像合成手段は、前記マルチ画像取得手段により取得された複数枚の画像の中から、あらかじめ設定された区画領域毎に、規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を抽出すると共に、それら抽出された各区画領域画像を寄せ集めることにより一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成する。

【0019】計測手段は、前記画像合成手段により生成された合成画像に含まれる一連の断面輪郭線部分像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び/又は判定値を生成する。

【0020】ここで、一連の『計測値』によって、スリット光照射位置に沿った前記計測対象物体表面についての、前記マルチ画像取得手段からの距離の分布を生成してもよい。

【0021】このような構成によれば、断面輪郭線像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも1つの値を変更して画像の輝度を走査しつつ、この状態でマルチ画像取得手段により取得される複数枚の画像の中から、あらかじめ設定された区画領域毎に抽出された規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を寄せ集めることによって一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成するようにしているため、計測処理においては、一連の断面輪郭線部分像を寄せ集めてなる鮮明な画像に基づき、所定の計測処理を実行し、これにより高精度な計測値及び/又は判定値を生成することができる。

【0022】断面輪郭線像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータとしては、様々なものを採用することができる。特に、光源の光量及び/又は二次元撮像素子のシャッタ時間は制御の容易さの面で有効である。その他のパラメータとしては、投光側アンプのゲインや受光側アンプのゲインなどを挙げることができる。二次元撮像素子としてCCDイメージセンサを採用する場合には、上記のパラメータとしては、(1) CCDイメージセンサのシャッタ時間、(2) 投光パルスのデュティ比、(3) ビデオ信号の増幅率、(4) 投光パルスのピーク光量などを挙げることができる。

【0023】パラメータ値を所定の変更単位量毎に変更する場合において変更単位量を変更可能としても良い。また、パラメータ値の最大変更範囲を変更可能としても良い。これにより、スリット光照射位置上の各領域毎に最適な輝度を有する画像を取得することができる。また、パラメータ値の変更範囲がテスト結果に応じて自動設定されるようにしても良い。このようにすれば、パラ

メータ値の変更範囲の設定に際して人間の判断が不要となるため、計測対象物体毎にその表面性状が大きく異なるような場合にも、最適なパラメータ値の最大変更範囲を容易、確実かつ迅速に設定することができる。また、パラメータ値の変更単位量及び／又は最大変更範囲が、取得される区画領域中の断面輪郭線部分像の輝度に応じて自動修正されるようにしても良い。このようにすれば、変更単位量及び／又は変更範囲の設定の手間を大きく省くことができる。

【0024】区画領域画像抽出のためにあらかじめ設定された区画領域としては、撮影される視野や断面輪郭線像の想定される位置や大きさに応じて様々に設定することができる。尤も、二次元撮像素子により取得される画像における1もしくは2以上の水平走査ラインで構成される領域を区画領域とすれば、画像取得単位と画像取り扱い単位とが整合することから、制御が容易となる。

【0025】画像合成手段としては、前記二次元撮像素子の1画面分の画像が書き込み可能な画像メモリと、前記画像メモリを適宜に区画してなる各区画領域毎に書き込み許可又は書き込み禁止を記憶する書き込み制御フラグメモリと、前記マルチ画像取得手段にて取得される画像を書き込み制御フラグメモリの内容に従って前記画像メモリに各区画領域単位で書き込む画像書き込み手段と、前記画像メモリの各区画領域に規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像が書き込まれた時点で、その区画領域に対応する書き込み制御フラグメモリを書き込み禁止に設定するフラグ制御手段と、を含むようにしても良い。

【0026】このようにすれば、マルチ画像取得手段から画像が取得される動作と、その取得された画像を合成する動作とをほぼ同時に進めることができ、処理時間の短縮を図ることができる。

【0027】このとき画像メモリの各区画領域の全てに又は予定される全てに規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像が書き込まれたときに、マルチ画像取得手段における画像取得を終了するようにすれば、無駄な画像取得動作を省略してより一層の処理時間の短縮を図ることができる。なお、このとき、画像メモリが1又は隣接する2以上の水平走査ラインで構成される領域毎に区画されてそれぞれが区画領域とされていれば、マルチ画像取得手段を構成する撮像素子からの画像取得単位と画像メモリへの書き込み画像の単位とが一致することから書き込み制御が容易となり、処理時間の短縮を図ることができる。先に述べたように、スリット光の断面のなす直線方向は、二次元撮像素子の受光面上においては、垂直走査ライン方向に対応する。また、計測装置と計測対象物体との距離が変化したときにスリット光のなす断面輪郭線像が計測対象物体表面上で移動する方向は、二次元撮像素子の受光面上においては、水平走査ライン方向に対応する。

【0028】好適な実施の形態においては、マルチ画像取得手段は第1のハウジングに収容されてセンサヘッドユニットを構成すると共に、画像合成手段及び計測手段は第2のハウジングに収容されて信号処理ユニットを構成する。また、信号処理ユニットには画像モニタが外部接続可能とされる。

【0029】このような構成を採用すれば、センサヘッドユニットに関しては計測に容易なように計測対象物の間近に据え付ける一方、信号処理ユニットについてはオペレータの取り扱いに容易な場所に配置し、これに画像モニタを接続することによって、計測並びに各種のモニタを適切に行わせることができる。

【0030】以上説明した光学式計測装置に使用されるマルチ画像取得手段は、それ自体独立してマルチ画像取得装置とすることもできる。この場合、マルチ画像取得装置は、光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体に所定角度で照射する投光手段と、前記計測対象物体表面のスリット光照射位置をスリット光照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子を使用して撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、前記撮影手段を介して得られる画像に含まれる前記断面輪郭線像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも1つの値を変更することにより画像の輝度を走査可能なパラメータ値変更手段とを備えて、前記撮影条件の異なる複数枚の画像を取得するように構成される。一般的には、このようなマルチ画像取得装置は、単一のハウジングを有するセンサヘッドユニットとして構成することができる。

【0031】さらに、上述の光学式計測装置に含まれる画像合成手段並びに計測手段は、独立した信号処理装置として構成することもできる。

【0032】この場合、信号処理装置は、マルチ画像取得装置により取得された複数枚の画像の中からあらかじめ設定された区画領域毎に、規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を抽出すると共に、それら抽出された各区画領域画像を寄せ集めることにより一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成する画像合成手段と、前記画像合成手段により生成された合成画像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び／又は判定値を生成する計測手段とを備えて、前記計測対象物体に関する断面計測を行い得るように構成される。

【0033】一般的には、このような信号処理装置は、単一のハウジングを有する信号処理ユニットとして構成することができる。

【0034】以上説明した光学式計測装置においては、画像合成手段により生成される合成画像中の断面輪郭線像の部分的欠落を補正する画像補正手段をさらに設けても良い。

【0035】このようにすれば、パラメータ値の変更によっても合成画像中のいずれかの区画領域において断面

輪郭線像の欠落が生ずるような場合には、これを合成画像取得後の段階において補正することにより、そのような部分的欠落に基づく計測不良又は不能の虞れを未然に防止することができる。

【0036】上述の画像合成手段を実現するためのアルゴリズムとしては様々なものを採用することができる。第1の方法としては、合成画像を構成する各水平走査ラインの画像について断面輪郭線部分像の有無をライン順にチェックしつつ、断面輪郭線部分像の欠落している水平走査ラインの画像については、直前の水平走査ラインと同一の画像で置き換える処理を挙げることができる。また、第2の方法としては、合成画像を構成する各水平走査ラインの画像について断面輪郭線部分像の有無をライン順にチェックしつつ、断面輪郭線部分像の欠落している水平ラインの画像については、その前後の水平ラインの画像を使用して補間する処理を挙げることができる。また、第3の方法としては、合成画像を構成する各水平走査ラインの画像について断面輪郭線部分像の有無並びに基準値よりの輝度大小ををライン順にチェックしつつ、断面輪郭線部分像の欠落している水平ラインの画像については、その前後のラインの断面輪郭線部分像の輝度連続性に応じて補間又は放置する処理を挙げることができる。

【0037】先に述べたように、本発明の光学式計測装置においては、別途設けられる画像モニタの画面上に所定の映像を映し出すためのモニタ出力を生成するモニタ出力生成手段をさらに設けてもよい。このとき、画像モニタの画面上に映し出されるべき所定の映像としては、様々なものを挙げることができる。第1には、画像合成手段にて生成された合成画像そのものが挙げられる。第2には、合成画像から選択された水平走査ラインを示すカーソルと、前記カーソルにて選択された水平走査ラインの輝度分布曲線（ラインブライト波形）を挙げることができる。第3には、前記合成画像から選択された水平走査ラインを示すカーソルと、前記カーソルにて選択された水平走査ラインの撮影条件を示す表示が挙げられる。第4には、合成画像を構成する各水平走査ライン毎に、その水平走査ラインに断面輪郭線部分像の無しを示すマークを挙げることができる。第5には、前記合成画像を構成する各水平走査ライン毎に、その水平ラインに断面輪郭線部分像の有りを示すマークが挙げられる。

【0038】本発明の光学式計測装置には、画像モニタの画面とポインティングデバイスとを介してオペレータとの対話を行うためのグラフィックル・ユーザ・インタフェースを設けてもよい。

【0039】以上説明した様々な特徴を有する本発明の光学式計測装置は、工場などの生産ラインを流れる工業製品の各種形状検査などに応用することができる。この場合、スリット光が照射された直線上領域内に別途計測対象領域を設定し、この計測対象領域に含まれる特定部

分に集中して計測乃至監視を行うのが通例である。コンベアなどに載せて搬送される工業製品は、製品毎に幾分搬送方向と直交する方向並びに搬送面と垂直な高さ方向へとずれる虞れもある。このようなときに、計測対象領域が固定されていれば、目的とする特定像部分を正確に検査できない虞れが生ずる。

【0040】そこで本発明の光学式計測装置にあっては、計測対象物体との相対移動に対して計測位置を追従させるためのトラッキング制御手段を設けてもよい。

【0041】

【発明の実施の形態】以下に、この発明の好適な実施の一形態を添付図面を参照することにより詳細に説明する。

【0042】本発明の一実施形態である変位センサシステム全体の概観図の一例が図1に示されている。同図に示されるように、この変位センサシステムは、センサヘッドユニット1と、このセンサヘッドユニット1から得られた映像信号を処理するための信号処理ユニット2と、信号処理ユニット2に対して各種の操作指令を与えるためのハンディタイプのコンソールユニット3と、信号処理ユニット2において生成された計測結果やその他各種の操作ガイド等を表示するための画像モニタ4とを含んでいる。

【0043】後に詳細に説明するように、センサヘッドユニット1には、光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、計測対象物体表面のスリット光照射位置を前記スリット光の照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子により撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、前記撮影手段を介して得られる画像に含まれる前記断面輪郭線像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも1つの値を変更することにより画像の輝度を走査可能なパラメータ値変更手段とを備えて、前記パラメータ値の異なる複数枚の画像を取得するマルチ画像取得手段のほぼ全体が内蔵されている。

【0044】また、信号処理ユニット2には、上述のマルチ画像取得手段により取得された複数枚の画像の中から、あらかじめ設定された区画領域毎に、規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像を抽出すると共に、それら抽出された各区画領域画像を寄せ集めることにより一連の断面輪郭線部分像を含む合成画像を生成する画像合成手段と、前記画像合成手段により生成された合成画像に含まれる一連の断面輪郭線部分像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び／又は判定値を生成する計測手段とを含んでいる。

【0045】すなわち、センサヘッド部1は、スリット光6を計測対象物体5に照射すると共に、その反射光7を二次元撮像素子であるCCDイメージセンサで受光することにより、計測対象物体5の表面変位を含む映像信

号を生成し出力する。なお、符号8はスリット光6の照射により、計測対象物体5の表面に生じた線状光像（直線状輝線）である。

【0046】センサヘッドユニット1の光学系並びに検出対象物体との関係を示す説明図が図2に示されている。図2（b）に示されるように、センサヘッドユニット1内には、スリット光源112と、スリット光源112から発せられた光を適宜に収束並びに整形してスリット光6を生成する投光用光学系113と、スリット光6の反射光7を二次元CCDイメージセンサ122に導くための受光用光学系121とが含まれている。図2

（a）に示されるように、この例では、スリット光6は幅Wを有する比較的幅広なスリット光とされ、また計測対象物体5の上面には段部5aが形成されている。そのため段部5aの幅がスリット光6の幅Wよりも狭い場合には、センサヘッドユニット1と計測対象物体5との相対移動を行うことなく、段部5aの高さhを直ちに計測することができる。

【0047】センサヘッドユニット1の内部回路構成を示す図が図3に示されている。センサヘッドユニット1は、計測対象物体5の表面に計測光であるスリット光6を真上から照射し、その状態で計測対象物体5の表面をCCDイメージセンサ122で別の角度から撮影して、スリット光の照射光像8を含む計測対象物体表面の映像信号VSを生成する。

【0048】センサヘッドユニット1の内部には、スリット光6を計測対象物体5へと照射するための投光系要素（レーザダイオード（LD）駆動回路111、レーザダイオード（LD）112、投光レンズ113）と、計測対象物体5からの反射光7を受光するための受光系要素（受光レンズ121、CCDイメージセンサ122、増幅回路123、ハイパスフィルタ（HPF）124、サンプルホールド（S/H）回路125、AGC増幅回路126）とが含まれている。

【0049】投光系要素についてさらに説明を加える。タイミング信号発生回路101は、レーザダイオード121を発光させるためのLD駆動パルス信号P1を発生する。LD駆動パルス信号P1に応答してLD駆動回路111がLD112をパルス発光させる。またタイミング信号発生回路101は、LD駆動回路111を介してパルス状レーザ光のピークパワーを制御する。LD112から出射されたパルス状レーザ光は、投光レンズ113を通して、計測対象物体5の表面にスリット光6として照射される。これにより、計測対象物体5の表面には、スリット光の照射による線状の光像が形成される。

【0050】以上述べた構成のうちで、LD112をパルス駆動する際のデューティ比やパルス状レーザ光のピークパワーなどが、CCDイメージセンサ122を介して得られる画像に含まれる断面輪郭線像の輝度に影響を与えるパラメータの1つに相当する。

【0051】受光系要素についてさらに説明を加える。計測対象物体5で反射したスリット光の反射光は、受光レンズ121を通して二次元撮像素子であるCCDイメージセンサ（以下、単にCCDと言う）122へと入射される。すなわち、計測対象物体5の表面は、CCD122により撮影されて、スリット光の照射光像を含む映像信号に変換される。

【0052】CCD122の受光面上におけるスリット光の照射光像の位置が、目的とする変位（例えば、センサヘッドユニット1と計測対象物体5との距離）に応じて変化するように、LD112、CCD122、投光レンズ113、受光レンズ121の位置関係が決められる。

【0053】CCD122から出力される映像信号は、各画素ごとに増幅回路123で増幅された後、ハイパスフィルタ（HPF）124により各画素間に現れる零レベル信号の揺らぎが除去され、さらにサンプルホールド（S/H）回路125により画素間の連続性が隣接画素間が繋がれて各画素信号が正しく受光量を表すように修正される。その後、AGC増幅回路126により信号値の大きさが適宜に制御され、映像信号VSとして信号処理ユニット2へと送り出される。なお図において、SYNCはタイミング信号の基準となる同期信号、PWRは供給電源である。

【0054】タイミング信号発生回路101より送られるパルス信号P2により、CCD制御回路131を介してシャッタ時間を含むCCD122の駆動態様が制御される。同様に、パルス信号P3及びP4により、サンプルホールド回路（S/H）125のピークホールドタイミング、AGC増幅回路126のゲインとその切替タイミングが制御される。

【0055】以上述べた構成のうちで、CCD122のシャッタ時間、AGC増幅回路126のゲインなどがCCDイメージセンサ122を介して得られる画像に含まれる断面輪郭線像の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの1つに相当する。

【0056】計測条件格納部141には、CCDシャッタ時間、LD発光時間、LDピークパワー、AGC増幅回路のゲイン等のパラメータにて規定される撮影条件が複数パターン格納されており、信号処理ユニット2からの制御信号CONTにより様々な撮影条件が選択可能とされている。より具体的には、この画像の輝度に影響を与える撮影条件としては、例えばモード0からモード31までの32通りが用意される。各モードの撮影条件の内容は、先に述べた各種のパラメータ（CCDシャッタ時間、LD発光時間、LDピークパワー、AGC増幅回路のゲイン）の1もしくは2以上の組み合わせによって決定される。

【0057】すなわち、CCDシャッタ時間、LD発光時間、LDピークパワー、AGC増幅回路のゲインなど

のパラメータの１種類のみを用いてその値を３２通りに変更してもよいし、或いは２以上のパラメータのそれぞれを適宜に変更して３２通りの撮影条件をつくりだしてもよい。そしてこれら用意された３２通りの撮影条件は、信号処理ユニット２から到来する制御信号CONTに応じて自動的に切り替えられ、これによって撮影条件を最大３２通りに切り替えつつ、CCDイメージセンサ１２２による撮影を行うことができる。すなわち、撮影条件を切り替えて画像の輝度を走査しつつ、最大３２枚の画像をCCDイメージセンサを介して取り込むことができる。なお、後に詳細に説明するように、本発明においては、このときのパラメータ変更単位量並びに最大変更範囲は、計測対象物体に合わせて、或いは計測対象物体の撮影結果に応じて、変更することができる。これにより、画像取り込みに際してきめの細かい撮影条件変更制御を実現している。

【００５８】次に、信号処理ユニット２のハードウェア構成図が図４に示されている。同図に示されるように、信号処理ユニット２には、FPGA（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）２０１と、CPU２０２と、画像メモリ２０３と、表示メモリ２０４と、A/D変換器２０５と、D/A変換器２０６と、センサヘッド駆動用のインタフェース２０７と、制御出力OUT用の外部インタフェース２０８が含まれている。

【００５９】FPGA２０１には、画像メモリ制御部２０１ａと特徴抽出部２０１ｂとが含まれている。画像メモリ制御部２０１ａは画像メモリ２０３に対する画像データ（例えば、センサヘッドユニット１から映像信号VSを介して取り込まれた画像データなど）の書き込みや読み出しを制御するもので、後述する特徴抽出部２０１ｂが特徴抽出演算を実行する際に、これを支援する機能を有している。なお、この画像メモリ制御部２０１ａについても、専用のハードウェア回路で構成されている。特徴抽出部２０１ｂは、各水平走査ライン上の画像データの中からピーク画素を検出したりピーク濃度を検出したりするものであり、専用のハードウェア回路で構成されている。

【００６０】なお、以上の画像メモリ制御部２０１ａと特徴抽出部２０１ｂの詳細については、後に図６を参照して詳細に説明する。

【００６１】CPU２０２はマイクロプロセッサを主体として構成されており、機能的に捉えれば、表示制御部２０２ａと、計測部２０２ｂと、制御部２０２ｃと、データ判定部２０２ｄとがソフトウェア的に実現されている。

【００６２】表示制御部２０２ａは、表示メモリ２０４に対する表示データの書き込みや読み出しを制御するものであり、表示メモリ２０４に書き込まれた表示データはD/A変換器２０６の作用でアナログの表示画像信号として画像モニタ（図示せず）へと送られる。

【００６３】計測部２０２ｂは、本来の目的である変位計測等を実現するためのものであり、この発明にあっては、合成画像が完成するのを待って、この合成画像をもとに高さ、幅、長さ等の変位を演算により求めるものである。この発明では、計測処理の内容については詳細な説明を省くが、よく知られているように、計測処理には、（１）スリット光の照射された直線に沿って、センサヘッドユニット１と計測対象物体２との距離を計測すること、（２）一連の計測値からなる断面輪郭線像に基づいて、段部の深さや段部の幅などを計測すること、（３）スリット光の照射された直線に沿う一連の計測値の平均値、ピーク値、ボトム値などを計測すること、（４）スリット光の照射された直線に沿う一連の計測値に基づき傾斜角度を計測すること、などが含まれる。

【００６４】データ判定部２０２ｄは、各種のデータ判定を行うものであり、例えば計測部２０２ｂにて得られた計測値が基準値よりも大きい小さいか、或いは一致するかといったデータ判定を行い、その判定値としてスイッチング信号を生成出力する。こうして得られたスイッチング信号は、外部インタフェース２０８を介して制御出力OUTとして外部へと送出される。

【００６５】尚、A/D変換器２０５は、センサヘッドユニット１から得られるアナログ映像信号VSをデジタル変換して信号処理ユニット２へと取り込むためのものであり、D/A変換器２０６は表示メモリ２０４に格納された表示データをアナログ信号に変換して画像モニタへ送り出すためのものである。

【００６６】次に、本発明の要部の機能構成について説明する。先に説明したように、この光学式計測装置においては、CCDイメージセンサ１２２を介して得られる画像に含まれる断面輪郭線像（スリット光の照射光像）の輝度に影響を与える撮影条件を規定するパラメータの少なくとも１つの値を所定の変更単位量かつ所定の変更範囲をもって変更しつつ、これに伴い二次元イメージセンサ１２２から画像データを複数枚取得し、これら複数枚の画像のそれぞれにおける断面輪郭線像の輝度の良好な部分を含む画像を適宜に寄せ集めて合成画像を生成し、この合成画像に基づいて様々な計測処理を実行できるようにしている。

【００６７】本発明にかかるマルチ画像取得並びに画像合成に必要なハードウェア構成を示す図が図６に示されている。同図に示されるように、このハードウェア全体は、先に説明したFPGA２０１と、CPU２０２と、画像メモリ２０３とを中心として構成されている。

【００６８】FPGA２０１には、画像メモリ制御部２０１ａと、特徴抽出部２０１ｂと、ラインバッファメモリ２０１ｃと、アドレス生成部２０１ｄと、ラインカウンタ２０１ｅとが含まれている。

【００６９】ラインバッファメモリ２０１ｃは、センサヘッドユニット（図示せず）からアンプ（AMP）２０

5 a 並びに A/D 変換器 205 を介して到来する 1 ライン分の画像データを一時的に格納するものである。こうしてラインバッファメモリ 201 c に格納された 1 ライン分の画像データは、画像メモリ制御部 201 a、アドレス生成部 201 d、ラインカウンタ 201 e の作用により、画像メモリ 203 の各ライン領域に順次に格納されていく。すなわち、ラインカウンタ 201 e は 1 ライン分の画像データが格納されるたび +1 ずつ歩進され、ラインカウンタ 201 e のカウンタデータに対応して画像メモリ 203 のアドレスがアドレス生成部 201 d に

【0070】この例では、画像メモリ 203 の容量は、例えば 126 ライン分の画像データを格納可能となされている。これに対応して、イメージセンサ 122 の視野も 126 ラインに設定されている。先に本出願人により出願されているように、このような細長い視野を有するイメージセンサについては、市販のスチルカメラやビデオカメラ用 CCD の視野において、126 ライン分の領域を残してその周囲をオプティカルブラックとしてマスキングすることによって安価に製作することができる。

【0071】図 6 に戻って、特徴抽出部 201 b は、センサヘッドユニットから 1 ライン分の画像データがラインバッファメモリ 201 c へと転送格納される処理と連動して当該 1 ライン分の画像データから、ピーク位置（輝度がピークとなる画素位置）並びにそのピーク位置から演算により求められた計測対象物体の高さを決定する。すなわち、この種の光切断法を利用した変位センサにあっては、計測対象物体の高さ方向と二次元イメージセンサのライン方向とが対応し、スリット光の断面線方向はイメージセンサのライン方向と直交する関係となっている。そのため、各ラインデータについて、ピーク位置に対応する 1 ライン上の画素位置を求めることによって計測対象物の高さ情報を得ることができる。

【0072】CPU 202 内には、演算制御部 202 c と、ラインデータレジスタ 202 e とが設けられている。演算制御部 202 c は、マイクロプロセッサを主体として構成されており、ラインデータレジスタ 202 e に対する各種のデータの書き込み並びに読み出しの制御を司る。ラインデータレジスタ 202 e 内には、0~125 に至る 126 個の記憶領域が設けられている。各ラインの記憶領域には、『確定フラグ』領域、『ピーク値』領域、『ピーク位置』領域、『撮影条件』領域からなる 4 つの領域が設けられている。

【0073】ここで、『確定フラグ』領域は、後に詳細に説明するように、画像メモリ 203 の該当するラインの画像データ、並びにラインデータレジスタ 202 e の

該当するラインのデータが確定しているか未確定であるかを決定するためのフラグ領域として使用される。なお、ここで該当するラインとは、ラインカウンタ 201 e により指定されるラインのことを言う。また、『ピーク値』領域は、当該ラインにおける輝度のピーク値を格納するための領域として使用される。また、『ピーク位置』領域は、先に特徴抽出部 201 b にて決定されたピーク位置を格納するために使用される。さらに『撮影条件』領域は、後に詳細に説明するように、合成画像が完了するに至る途中においては、毎回の撮影に使用された撮影条件を格納するために使用され、合成画像が確定した後にあっては、その確定ラインに関わる撮影に採用された撮影条件を格納するために使用される。

【0074】次に、図 7~図 11 のフローチャートを参照しながら、以上説明した図 6 に示されるハードウェアの動作を系統的に説明する。

【0075】図 7 において処理が開始されると、まずモード M の初期化が行われる（ステップ 701）。ここで、モード M とは撮影条件を示している。先に説明したように、この実施形態にあっては、例えばモード 0 からモード 31 に至る 32 通りの撮影条件が選択可能となされている。各撮影条件は、撮影画像に含まれる断面輪郭線像の輝度に影響を与える撮影条件を規定する 1 もしくは 2 以上のパラメータの組み合わせによって決定される。先に説明したように、このパラメータとしては、例えば、CCD シャッタ時間、LD 発光時間、LD ピークパワー、AGC 増幅回路のゲイン等を挙げることができる。モード 0 からモード 31 に至る 32 通りの撮影条件は、所定の単位変化量ごとに所定の変更範囲をもって変更可能となされている。そこで、この初期化処理（ステップ 701）では、それら 32 通りの撮影条件の中で、あらかじめ決められた最初の撮影条件への初期設定を行う。

【0076】続いて、初回フラグのセットを行う（ステップ 702）。この初回フラグとは、連続して複数画面分の画像データを CCD イメージセンサ 122 から取り込む場合に、最初の取り込み回数であることを示すフラグである。

【0077】このようにして、イニシャライズ処理（ステップ 701、702）が終了したならば、その後、ルーチン処理への移行がなされる。ルーチン処理の最初では、CCD イメージセンサ 122 から出力される 1 画面分のビデオ信号を、アンプ 205 a 及び A/D 変換器 205 を介して取り込む指令を出力し（ステップ 703）、その後、ラインごとの処理へと移行する（ステップ 704）。

【0078】ラインごとの処理（ステップ 704）の詳細が図 9 に示されている。同図において処理が開始されると、まずイニシャライズ処理が行われる（ステップ 901）。このイニシャライズ処理（ステップ 901）で

は、ラインカウンタ (L) のリセット、ラインデータレジスタ (R) 内の確定フラグ、ピーク値及びピーク位置のクリア、さらに上書き禁止フラグのリセットが行われる。ここで、ラインカウンタ (L) は画像メモリ 203 並びにラインデータレジスタ 202e のラインを指定するためのカウンタである。また、ラインデータレジスタは先に説明したように 0~125 の 126 ラインについて確定フラグ、ピーク値、ピーク位置、並びに撮影条件を格納するためのものである。また、撮影条件は先に説明したように CCD イメージセンサから各 1 画面分のデータを取り込むに際する撮影条件を決定するためのものであり、フラグを構成する確定フラグはラインデータレジスタの該当するラインのデータ並びに画像メモリ 203 の該当するラインの画像データが確定していることを示すものである。さらに、フラグを構成する上書き禁止フラグは該当するラインの画像メモリ 203 並びにラインデータレジスタの書き替えを許容するか禁止するかを決定するためのものである。

【0079】イニシャライズ処理が終了したならば、ラインカウンタ (L) で指定のラインについて A/D 変換器 205 からのデータをラインの先頭から終端までラインバッファ 201c にストアし、同時にライン内のピーク位置・高さの算出を行い (ステップ 902)、続いてデータ確定処理を行う (ステップ 903)。以後、ラインカウンタ L の値を +1 増加させては、ステップ 902 及び 903 が繰り返して実行され、ラインカウンタ L の内容がその最大値 L_{max} に達するのを待って (ステップ 905 YES)、ライン毎の処理は終了して、データ確定処理へと移行しする (ステップ 903)。

【0080】データ確定処理の詳細が図 10 並びに図 11 に示されている。同図において処理が開始されると、まず確定フラグの状態が参照される (ステップ 1001)。ここで、確定フラグの状態が“確定”であれば、何の処理も行わずに、次の処理への移行が行われる。これに対して、確定フラグが“未確定”であれば、ステップ 1002 以降の処理へと移行が行われる。

【0081】ステップ 1002 においては、特徴抽出部 201b にて決定された輝度のピーク値とあらかじめ最適計測条件に対応して決定された基準値 TH-OK との比較が行われる (ステップ 1002)。ここで、ピーク値 > TH-OK が否定されれば (ステップ 1002 NO)、ラインデータレジスタのデータ更新 1 が実行される (ステップ 1003)。ここで、図 11 (a) に示されるように、ラインデータレジスタのデータ更新 1 (ステップ 1003) においては、確定フラグの内容は“未確定”に、ピーク値の内容は“今回求められたピーク値”に、ピーク位置の内容は“今回求められたピーク位置”に、さらに撮影条件は“今回の撮影条件”にそれぞれ更新される。

【0082】図 10 に戻って、ラインデータレジスタの

データ更新 1 (ステップ 1003) が終了すると、続いてメモリ制御フラグの更新が行われる (ステップ 1004)。なお注目すべきは、このとき、上書き禁止フラグのセットは行わない。これにより、ラインデータレジスタ 202e のデータは更新されるものの、そのラインに対する上書き禁止フラグはリセット状態に維持される。つまり、この状態では当該ラインへの上書きは許可されたままの状態となる。

【0083】一方、撮影条件 M を切換しつつ例えばシャッタ時間の増加により受光ピーク値の値が上昇して、その値が基準値である TH-OK を超えると (ステップ 1002 YES)、続いてステップ 1005 へ進んで、今回求められたピーク値がラインデータレジスタ 202e に保持されたピーク値より基準値 TH-OK に近いかどうかの判定が行われる (ステップ 1005)。ここで、近いと判定された場合 (ステップ 1005 YES)、ラインデータレジスタのデータ更新 2 (ステップ 1006) が実行される。このラインデータレジスタのデータ更新 2 (ステップ 1006) においては、図 11 (b) に示されるように、確定フラグの内容は“確定”に、ピーク値の内容は“今回求められたピーク値”に、ピーク位置の内容は“今回求められたピーク位置”に、さらに撮影条件は“今回の撮影条件”にそれぞれ更新される。

【0084】図 10 に戻って、ラインデータレジスタのデータ更新 2 (ステップ 1006) が終了すると、続いてメモリ制御フラグの更新が実行される (ステップ 1008)。このメモリ制御フラグの更新においては、上書き禁止フラグがセットされる。これにより、以後当該ラインに対するラインデータレジスタ 202e の内容並びに画像メモリ 203 の内容は書き替えが禁止され、以後その内容が保持される。

【0085】一方、ステップ 1005 の処理において、基準値 TH-OK よりも遠いと判定されると (ステップ 1005 NO)、データレジスタのデータ更新 3 (ステップ 1007) が実行される。このデータレジスタのデータ更新 3 (ステップ 1007) においては、図 11 (c) に示されるように、確定フラグの内容は“確定”に、ピーク値の内容は“レジスタに保持されているピーク値”に、ピーク位置の内容は“レジスタに保持されているピーク位置”に、さらに撮影条件は“レジスタに保持されている撮影条件”にそれぞれ更新される。これにより、ピーク値並びにピーク位置の内容は、基準値 TH-OK を超えていない状態の値のままに確定される。

【0086】図 7 に戻って、ラインごとの処理 (ステップ 704) が終了したならば、続いて画像ごとの処理 (ステップ 705) へと移行する。この画像ごとの処理 (ステップ 705) においては、(1) 画像制御に関する処理、(2) 計測結果を判定する処理、(3) その他の計測結果の処理を実行する。ここで、画像制御に関する処理においては、次の画像を取り込むときの条件 (シ

ャッタ速度やビデオ信号の増幅率) の設定、並びに全ての条件で画像を取り込み終わったか否かの判断などが行われる。また、計測結果を判定する処理においては、全てのラインで計測結果が確定したかどうかの判断が行われる。さらに、その他の計測結果の処理においては、例えばそのときの画像に対してフィルタ処理を行うなど、ライン方向の演算処理が実行される。

【0087】以後、モードMを+1増加させては、以上説明したステップ703～705の処理が繰り返し実行される。但しその際に、初回フラグがセットされているかどうかの判断(ステップ707)並びにそのときのモードMがラインデータレジスタに登録されているかどうかの判断(ステップ708)が実行される。ここでそれらの判断(ステップ707, 708)を行うのは、2回目以降のマルチ画像取り込み並びに画像合成については、初回のマルチ画像取り込み並びに画像合成において有効とされた撮影条件のみを採用し、その他の撮影条件をスキップすることによって画像取り込み時間の短縮並びにそれに続く画像合成処理の短縮化を図るためである。

【0088】すなわち、最初のマルチ画像取り込み並びに画像合成処理においては、あらかじめ用意された撮影条件の全て(例えば32通り)を採用するのに対し、2回目以降のマルチ画像取り込み並びに画像合成処理においては、初回の処理において有効とされた撮影条件のみが利用される。これは先に説明した図9のフローチャートにおいてイニシャライズ処理(ステップ901)において、撮影条件をクリアせずにそのまま保存していること、並びに図7のフローチャートにおいて、初回以外の状態では(ステップ707NO)、ラインデータレジスタに撮影条件Mが登録されている場合に限り(ステップ708YES)、画像取り込み処理(ステップ703)、ラインごとの処理(ステップ704)並びに画像ごとの処理(ステップ705)が実行されるのに対し、初回のマルチ画像取り込み及び合成処理において採用されなかった撮影条件Mについては(ステップ708NO)撮影条件モードの更新のみを行い(ステップ706)、上記一連の処理(ステップ703～705)についてはスキップすることにより実現される。

【0089】このようにして条件モードMが予定されていた最大値に達すると(ステップ709YES)、図8へ進んで、画像メモリ203に保存されている合成画像に基づいて所定の計測処理が実行される。言うまでもないことであるが、撮影モードMの値が最大値Mmaxに達した時点において画像メモリ203に保存されている画像はそれまでに取得された何枚かの画像の中で、断面輪郭線像が所定の基準値TH-OKに近似するものを寄せ集めたものであるから、撮影対象となる計測対象物の表面が反射率不均一、傾斜面や曲面の存在、さらには溝の存在があったとしても撮影条件を切り替えていくうちに

はそれら反射率の低い部分についても最適な鮮明度乃至輝度の像が得られているであろうから、最終的な合成画像は全体として鮮明度乃至輝度の均一な計測に適した良好な画像となるのである。

【0090】1回分の計測処理(ステップ801)に関しては、詳細には説明しないが、公知の様々な計測モードが採用可能である。例えば、段差計測、幅計測、傾斜の計測、曲面の計測、曲面の曲率の計測などが含まれることは言うまでもない。

【0091】1回分の計測処理(ステップ801)が終了すると、続いてステップ802が実行されて、先にステップ707で説明した初回フラグの解除がなされ(ステップ802)、以後新たな撮影指令(撮影トリガー)の到来を待機する状態となる(ステップ803, 804NO)。この状態で、新たな撮影トリガーが到来すれば(ステップ804YES)、図7に戻って、ステップ703以降の処理へと以降して、次のマルチ画像の取り込み、合成処理、並びに、1回分の計測処理が同様に実行される。

【0092】次に、図5並びに図12～図23を参照しながら、以上説明したマルチ画像取り込み処理、画像合成処理、並びに計測処理を具体的な例を挙げながら詳細に説明する。

【0093】先に説明したように、本発明にあっては、撮影条件を例えばモード0からモード31まで32通り切替(走査)えつつ、複数枚の画像を取り込み、それらを合成することによって計測に最適な画像を生成し、これに基づいて所望の計測処理を実行している。実際には、各撮影条件は、複数のパラメータ(例えば、CCDイメージセンサのシャッタ時間、LD発光時間、LDピークパワー、AGC増幅回路のゲイン)の組み合わせが採用されるのであるが、これを簡単に或いは端的に説明するのは必ずしも容易なことではない。そこで、以下の説明においては、説明の便宜のために、撮影条件はCCDシャッタのシャッタ時間のみによって決定されるものと想定する。

【0094】このような想定のもとに描かれたタイムチャートが図5に示されている。図から明らかなように、このタイムチャートは、(a)画像取り込み処理、

(b)ラインごとの処理、(c)画像ごとの処理、

(d)1回分の計測処理から成り立っている。それらの処理については、先にフローチャートを用いて詳細に説明したとおりである。なお、図において、最上段に描かれた画像取り込み処理において、横幅の異なる白抜き四角形は、その幅によりシャッタ時間を表している。また、この例では、撮影条件Mはシャッタ0～シャッタ9からなる10通りに設定されている。相前後する画像取り込み処理(ステップ703)の間の期間においては、ラインごとの処理(ステップ704)が実行される。また各回のラインごとの処理の終了時点においては、画像

ごとの処理（ステップ 705）が実行される。最後の画像ごとの処理の終了直後に 1 回分の計測処理（ステップ 801）が行われる。

【0095】次に、映像入力と画像メモリの内容の関係を示す説明図（その 1）～（その 3）が図 12～図 14 に示されている。先に説明したように、本発明にあっては、CCD イメージセンサ 122 から 1 画面の画像データが取り込まれた場合、その画像データを構成する各ラインの断面輪郭線部分像のピーク値を計測に最適な基準値（TH-OK）と照合し、両者が近似することを条件としてその 1 ライン分の画像を最終的な合成画像の一部として確定し、以上の動作を各ラインについて繰り返すことによって、最終的に 1 枚分の合成画像を生成する。

【0096】いま仮に、1 画面が 0～7 からなる 8 ラインで構成され、撮影条件を規定するシャッタ時間が 0～9 の 10 通りであるとした場合における上記のマルチ画像取り込み並びに合成処理が図 12～図 14 に示されている。

【0097】図 12（a）には、シャッタ時間 1 の撮影条件における映像入力の状態が、また同図（b）には、同状態における画像メモリの保存内容が、さらに同図（c）には、計測対象物体の断面形状がそれぞれ示されている。

【0098】同図（a）に示されるように、シャッタ時間 1 の撮影条件においては、映像入力の状態は、ライン 0、6、7 においてのみ断面輪郭線部分像が得られている。このとき同図（b）に示されるように、画像メモリにはライン 0、6、7 の状態の像が取り込まれて保存される。この保存された像は、計測に最適な基準値 TH-OK に近似しているため、図中各ラインの右端に黒三角で示されるように確定画像とされる。

【0099】図 13（a）には、シャッタ時間 3 の撮影条件における映像入力の状態が、また同図（b）には、同状態における画像メモリの保存内容が、さらに同図（c）には、計測対象物体の断面形状がそれぞれ示されている。

【0100】同図（a）に示されるように、シャッタ時間 3 の撮影条件においては、映像入力の状態は、ライン 0、3、4、6、7 においてのみ断面輪郭線部分像が得られている。それらの中で、ライン 0、6、7 の像のピークは、適切な値を大きく超えている。これに対して、ライン 3、4 の像のピークは計測に最適な基準値 TH-OK に近似している。このとき同図（b）に示されるように、画像メモリにはライン 3、4 の状態の像が取り込まれて保存される。この保存された像は、計測に最適な基準値 TH-OK に近似しているため、図中各ラインの右端に黒三角で示されるように確定画像とされる。このとき、ライン 0、6、7 に関しては、既に確定画像であるから映像入力によって更新されることはない。

【0101】図 14（a）には、シャッタ時間 8 の撮影

条件における映像入力の状態が、また同図（b）には、同状態における画像メモリの保存内容が、さらに同図（c）には、計測対象物体の断面形状がそれぞれ示されている。

【0102】同図（a）に示されるように、シャッタ時間 8 の撮影条件においては、映像入力の状態は、ライン 0～7 のすべてにおいて断面輪郭線部分像が得られている。それらの中で、ライン 0、3、4、6、7 の像のピークは、適切な値を大きく超えている。これに対して、ライン 1、2、5 の像のピークは計測に最適な基準値 TH-OK に近似している。このとき同図（b）に示されるように、画像メモリにはライン 1、2、5 の状態の像が取り込まれて保存される。この保存された像は、計測に最適な基準値 TH-OK に近似しているため、図中各ラインの右端に黒三角で示されるように確定画像とされる。このとき、ライン 0、3、4、6、7 に関しては、既に確定画像であるから映像入力によって更新されることはない。

【0103】次に、受光条件限定のためのティーチング処理の説明図が図 15 に示されている。先に図 7 のフローチャートを参照して説明したように、本発明にあっては、2 回目以降のマルチ画像取り込み並びに画像合成処理に際しては、初回の又はそれ以降のマルチ画像取り込み処理にて採用された撮影条件をティーチングデータとして保存し、以後のマルチ画像取り込み並びに画像合成処理に際しては、それまでに採用されなかった撮影条件に関しては撮影条件走査に際してスキップさせることによって無駄な画像取り込み処理並びに必要な合成処理を不要として、処理の簡素化と処理時間の短縮化を図っている。この状態を示しているのが図 15 である。

【0104】同図に示されるように、この例にあっては、シャッタ 1 の撮影条件においては、ライン 0、6、7 が確定画像として保存され、シャッタ 3 の撮影条件においては、ライン 3、4 が確定画像として保存され、シャッタ 8 の撮影条件においては、ライン 1、2、5 が確定画像として保存されている。このとき図中シャッタ 8 に相当する画像メモリにおいて各ラインの右端にはそのラインの確定に利用された撮影条件がそれぞれ表示されている。これは、ラインデータレジスタ 202e の撮影条件領域の内容に相当する。すなわち、ラインデータレジスタの各ライン 0、1、2、3、4、5、6、7 の撮影条件領域には、撮影条件を示す数値 1、8、8、3、3、8、1、1 が保存されている。この場合、次回以降のマルチ画像取り込み処理に際しては、これら保存された撮影条件を示す数値 1、8、8、3、3、8、1、1 以外の撮影条件についてはスキップされ、これにより初回は 0～9 の 10 通りの撮影条件を機械的に適用したのに対し、次回以降については撮影条件 1、3、8 以外はスキップされ、3 回の撮影条件のみで適切な輝度を有する断面輪郭線部分像を含む合成画像が得られることが理

解されるであろう。

【0105】次に、信号処理ユニット2に外部接続される画像モニタ4の一般的な表示例を示す説明図が図16に示されている。同図に示されるように、モニタ画面上の左上ほぼ大部分の領域には横軸に計測値を、縦軸にライン番号をとって、1画面分の合成画像が表示される。また、当該合成画像上には、図中左右方向へ延びる点線で示されるように、カーソルラインが表示され、このカーソルラインはコンソールユニット3のキー操作によって上下方向へと平行移動可能になされている。また、このカーソルラインが位置する水平ラインの情報は、画像表示領域を取り巻くその周囲にそれぞれ表示される。

【0106】すなわち、1画面分の合成画像の右脇には、シャッタ時間(LV)、ピーク値(PEAK)、並びに計測結果(Z)が表示される。また、1画面分の合成画像の下側には、カーソルラインにより指定された水平ラインに沿う光量分布曲線が、さらにその下には画面全体の計測結果が×××、××××として表示される。そのためこのようなモニタ画面によれば、オペレータは合成画像上においてカーソルラインを上下に移動させつつ適当な水平ラインに位置させることによって、そのライン上の光量分布やシャッタ時間、ピーク値、計測結果などを容易に確認することができる。なお、先に説明したように、合成画像を構成する各ラインの右端に描かれた数値1, 8, 8, 3, 3, 8, 1, 1はその1ライン分の画像データが確定したときの撮影条件であるシャッタ時間である。

【0107】次に、計測不能領域がある画像のための処理の説明図(その1)が図17に、また計測用画像表示処理を示すフローチャート(その1)が図19に示されている。これらの図から明らかなように、あらかじめ用意された撮影条件を全て採用しても、その間に最適なピーク値が得られない場合、その水平ラインについては画像の登録は行われず、確定画像は得られない。このような場合、オペレータに対し何の通知も行わないものとするれば、これに基づく計測不能が生じたような場合、原因究明に戸惑う虞れがある。そこで、この実施形態においては、そのような場合、モニタ画面上において、合成画像の該当する水平ラインについては、断面輪郭線部分像を表示しないことによって、そのことをオペレータに通知するようにしている。すなわち、図17に示されるように、この例ではライン4が計測不能領域とされており、この場合ライン4には断面輪郭線部分像は何も表示されず、加えて各ラインの右端に描かれる撮影条件特定数値についても図中アンダーバーで示されるように、表示なしとされる。これにより、オペレータはライン4については画像が取得できなかったため、計測不能となることをあらかじめ知ることができる。

【0108】このような画像を表示しない処理については、図19のフローチャートに示される処理を実施する

ことで容易に実現することができる。すなわち、同図において処理が開始されると、まずラインカウンタLの値を0リセットしたのち(ステップ1901)、ラインカウンタLで指定のラインからラインデータの読み出しが行われる(ステップ1902)。次いで、ラインデータの撮影条件領域Mに撮影条件が登録されているかどうかの判定が行われる(ステップ1903)。ここで、撮影条件Mにデータが存在した場合には(ステップ1903YES)、そのラインの画像データは図示しない表示用バッファメモリへと出力される(ステップ1904)。これに対して、撮影条件Mが存在しなければ(ステップ1903NO)、当該1ライン分のデータは表示用バッファメモリへの出力をスキップされる(ステップ1905)。以上の表示データ出力処理又は表示データスキップ処理が、ラインカウンタLの値を+1ずつ増加させては(ステップ1906)、繰り返され、最後のラインナンバーまで達した時点で(ステップ1907YES)、処理は終了する。この結果、表示用バッファメモリへは、ラインデータの確定した画像データのみが転送される結果、画像モニタ4の画面上には、図17に示されるように、確定されたラインのみの断面輪郭線部分像を含む合成画像が表示され、不確定のラインについては何の画像データも表示されない。これにより、オペレータは画像データの画面上欠落からそのラインの計測不能を容易に認識することができる。

【0109】次に、計測不能領域がある画像のための処理の説明図(その2)が図18に、計測用画像表示処理を示すフローチャート(その2)が図20に示されている。この例にあっては、水平ライン画像未確定のラインについては、図18に示されるように、合成画像の該当するラインの右端に特別なマーク(図では×印で示す)を表示することによって、当該ラインを積極的に警告するようにしている。

【0110】このような特別なマークを付する処理については、図20のフローチャートに示される処理を実施することで容易に実現することができる。すなわち、同図において処理が開始されると、まずラインカウンタLの値を0リセットした後(ステップ2001)、ラインカウンタLで指定のラインからラインデータの読み出しが行われる(ステップ2002)。次いで、ラインデータの撮影条件領域Mに撮影条件が登録されているかどうかの判定が行われる(ステップ2003)。ここで、撮影条件領域Mにデータが存在した場合には(ステップ2003YES)、そのラインの画像データは図示しない表示用バッファメモリへと出力される(ステップ2004)。これに対して、撮影条件Mが存在しなければ(ステップ2003NO)、当該1ライン分のデータは表示用バッファメモリへ計測不能マークを出力する処理が実行される(ステップ2005)。以上の表示データ出力処理又は計測不能マーク出力処理が、ラインカウンタL

の値を+1ずつ増加させては(ステップ2006)、繰り返され、最後のラインナンバーまで達した時点で(ステップ2007YES)、処理は終了する。この結果、表示用バッファメモリへは、ラインデータの確定した画像データのみが転送され、加えてラインデータの確定しない画像データに関しては計測不能マークが出力されるため、モニタ4の画面上には、図18に示されるように、確定されたラインのみの断面輪郭線部分像に加えて、未確定のラインについてはそのラインの右端に計測不能マーク(図では×印で示す)を含む合成画像が表示される。これにより、オペレータは画像データの画面上に表示される計測不能マークに基づきそのラインの計測不能を容易に認識することができる。

【0111】次に、受光条件変更の為のティーチング処理の説明図が図21に、受光条件変更の処理を示すフローチャートが図22に、テーブル書き替え処理を説明する図が図23に示されている。

【0112】図21に示されるように、この例にあっては、初回のマルチ画像取り込み処理並びに画像合成処理が終了した時点において、撮影条件 $M_k \sim M_{k+n}$ の範囲が使用されていたものと想定する。尤もこの条件において、マルチ画像の取得並びに合成を行ってはみたが、計測値あるいは画面上の表示状態からして、必ずしも最適な鮮明度乃至輝度の合成画像が得られたとは言い難かったものと想定する。

【0113】このような場合、この実施形態においては、図示しないカーソル操作あるいはキー操作によって、撮影条件 M_k 、 M_{k+n} をそれぞれ下限値並びに上限値として登録する。

【0114】すると、図22のフローチャートに示されるように、下限値設定処理(ステップ2201)並びに上限値設定処理(ステップ2202)が実行された後、本発明で新たに設けたテーブル書き替え処理(ステップ2203)が実行される。すると、図23に示されるように、同図(a)に示される標準テーブルは、同図(b)に示されるカスタマイズテーブルに変換される。

【0115】より詳しく説明すると、同図(a)に示される標準テーブルにおいては、0~31の32通りのシャッタ時間は、0.1単位ごとに増加するように決められている。これに対して同図(b)に示されるカスタマイズテーブルにあっては、オペレータが指定した下限及び上限である0.3と0.8との間を32段階に分割した各シャッタ時間が定義される。これにより、先に得られた撮影条件であるシャッタ時間範囲 $M_k \sim M_{k+n}$ は、図21に示されるように $\alpha 0 \sim \alpha 31$ の32段階に細分されることとなり、以後のマルチ画像取得並びに合成処理においては、それら32段階の撮影条件を用いて、きめ細かく撮影条件を変更しつつ、マルチ画像の取り込み並びに画像合成が行われて、より精度の高い画像合成処理並びに計測処理が実現される。

【0116】このように、この実施形態にあっては、初回もしくはいずれかの回で何らかの撮影条件範囲においてマルチ画像が取得されても、実際の計測においてなおも精度不足などの不具合が生じる場合には、所定の上限値設定処理並びに下限値設定処理を行うことによって、より細分化された撮影条件設定が可能となる。

【0117】上述したように、本発明の光学式計測装置によれば、計測対象物体の表面に表面性状のばらつき、傾斜面、曲面、溝などが存在して、局所的な反射光量のばらつきが存在したとしても、マルチ画像取得と画像構成とを行ってそれら局所的な反射光量のばらつきを修正した上で、計測処理を行うため、常に安定的に高精度な計測結果を得ることができる。尤も、本発明の光学式計測装置にあっては、センサヘッドユニットと計測対象物体との間に様々な理由で相対的なずれが生ずれば、計測対象領域の変動によって、計測不能状況が生ずることは避けられないであろう。

【0118】このような計測不能状況が生ずる原因の説明図(その1)が図24に示されている。同図は、段差計測中に、ワークが水平移動して計測不能状況が生ずることを示すものである。すなわち同図(a)に示されるように、計測対象ワーク表面の段差計測を行う場合、二次元撮像素子の視野内において、基準面 L_{ref} が到来するであろう位置には所定幅の計測対象領域1を、また計測対象面 L_s が到来するであろう位置には所定幅の計測対象領域2を設定する。そして、これら領域1及び領域2のそれぞれにおける平均高さを求め、それらの差を求めることにより、段差計測を行う。

【0119】同図(b)には、領域1及び領域2を設定した状態において、ワークが水平移動した場合を示している。この場合、領域1は基準面 L_{ref} をはずれ、領域2は計測対象面 L_s をはずれてしまう。すると、それら領域1、2における平均高さは、目的とする基準面 L_{ref} 及び計測対象面 L_s の高さを代表しない値となる。その結果、こうして得られた平均高さの差をとっても、正確な段差を計測することはできない。

【0120】なお、このようなワークの水平移動は、ワーク自体がコンベアを搬送される中で搬送方向と直交する方向へ位置ずれをおこした場合や、ワークの搬送位置それ自体は狂いが無いのに経年劣化などによってスリット光の照射方向がスリット方向へとずれてしまったような場合が想定される。

【0121】本発明にあっては、このようなワークの水平移動に対する計測不能状況の発生は、横揺れ対策処理の適用によって回避することができる。この横揺れ対策処理を図25~図30を参照して説明する。

【0122】横揺れ対策(高さ計測)の動作フローが図25に示されている。同図において処理が開始されると、まず基準しきい値の設定処理(ステップ2501)が実行される。この基準しきい値の設定処理(ステップ

2501)は、図29に示されるように、微分処理を用いてしきい値の算出を行うことができる。すなわち、同図(a)に示されるように、CCDイメージセンサの視野内に台形状の断面輪郭線が現れたとすると、これに対して微分処理を施すことによって、同図(b)に示され*

$$\text{しきい値} = (\text{ボトム}) + (\text{ピーク} - \text{ボトム}) \times \alpha \% \quad \dots (1)$$

$$\text{しきい値} = \text{平均値} + \beta \quad \dots (2)$$

【0123】図25に戻って、基準しきい値の設定が完了したならば(ステップ2501)、続いて基準しきい値 L_{th} を用いて、ワークのセグメント分割を行う(ステップ2502)。

【0124】セグメント分割処理を示すフローチャートが図26に示されている。同図に示されるように、セグメント分割処理においては、まず最初に1画面分の画像の水平ラインを指定するラインカウンタ L の値を初期化($L=0$)する(ステップ2601)。

【0125】続いて、ラインカウンタ L で指定される水平ライン上のピーク高さを算出し(ステップ2602)、算出されたピーク高さがしきい値 L_{th} を超えているか否かの判定を行う(ステップ2603)。ここでピーク高さがしきい値 L_{th} を超えていると判定されれば(ステップ2603YES)、当該ライン上のピーク位置は“H”と記憶されるのに対し(ステップ2604)、ピーク高さがしきい値 L_{th} を超えていないと判定されると(ステップ2603NO)、そのピーク位置は“L”と記憶される(ステップ2605)。なお、ここでピーク位置とは、その水平走査ライン上における物体の高さを表している。

【0126】以後、ラインカウンタ L の値を+1ずつ増加させながら(ステップ2606)、ピーク高さを算出処理(ステップ2602)、ピーク位置の“H”または“L”の記憶処理(ステップ2603、2604、2605)が繰り返され、ラインカウンタの値が最大値である L_{max} に達すると共に(ステップ2607YES)、処理は終了する。このようにしてセグメント分割処理が終了すると、図27(b)に示されるように、しきい値 L_{th} よりも低い領域についてはLOWセグメントとして、また高い領域についてはHIセグメントとして認定される。

【0127】続いて、図25に戻って、セグメント分割処理が完了したならば(ステップ2502)、続いて図28(a)に示されるように、LOWセグメントに関するエッジ位置並びにエッジ中心の算出、及びHIセグメントに関するエッジ位置並びにエッジ中心の算出が行われる(ステップ2503)。

【0128】続いて、図28(b)に示されるように、先に求めた各エッジ中心位置に基づいて、その左右方向へと一定幅を確保することによって、基準となる面であるLOWセグメントの計測領域と、凸部となる面であるHIセグメントの計測領域の算出が行われる(ステップ

*るように、台形状波形の左右両端部に対応するエッジ位置 $E11$ 、 $E12$ を決定することができる。こうしてエッジ位置 $E11$ 、 $E12$ が決定されたならば、続いて以下の2つの式のいずれかを用いて、しきい値を決定することができる。

2504)。

【0129】しかる後、従前と同様にして、LOWセグメントの平均高さ(H_{st})の算出処理(ステップ2505)及びHIセグメントの平均高さ(H_{meg})の算出処理(ステップ2506)が実行され、その後両者の差をとることによって段差の算出が完了する(ステップ2507)。

【0130】このように、以上説明した横揺れ対策処理によれば、二次元撮像素子を介して得られた断面輪郭像そのものに基づいて、LOWセグメント並びにHIセグメントの中心位置を求め、これを基準として計測領域を設定するといったトラッキング処理を実行するため、計測中にセンサヘッドユニットと計測対象物体とが水平方向へと移動したとしても、これに追従して計測領域も水平移動するため、計測領域が目的とする計測領域をはずれることに起因した計測不能状況の発生を未然に防止することができる。

【0131】なお、以上の高さ計測時の横揺れ対策は、図30に示されるように、そのまま窪みの高さ計測時の横揺れ対策として実施することもできる。すなわち、この例にあっては、同様にしてLOWセグメント並びにHIセグメントの中心位置を求めた後、各セグメントのエッジ位置とエッジ位置との間を溝領域として認定し、これに計測領域を設定することによって、計測対象物の水平移動に伴い、計測領域が溝領域からはずれれることを未然に防止することができる。

【0132】次に、ワークの幅計測を実行中に、ワークが垂直移動したことにより生ずる計測不能状況について説明する。図31(a)に示されるように、ワークの幅計測を行う場合には、幅計測の対象となる凸部の下面(基準面) L_{ref} と上面(計測対象面) L_s との間にしきい値 L_{th} を設定することで、凸部の左右両エッジ位置 $E1$ 、 $E2$ の検出を行い、それらエッジ間の長さを凸部の幅として認定する。

【0133】このような状況において、計測対象ワークが垂直移動を行うと、同図(b)に示されるように、しきい値 L_{th} の高さは、ワークの凸部から上下方向へとはずれてしまい、エッジ位置 $E1$ 、 $E2$ の検出ができないことから、計測不能状況が生ずる。

【0134】このような原因による計測不能状況に関しては、本発明にあっては、図32～図34に示される縦揺れ対策処理の実施によって回避することができる。この縦揺れ対策(幅計測)の動作フローが図32に示され

ている。同図において処理が開始されると、まず最初に、図33(a)に示されるように、ワークが移動しても常に計測可能な領域を基準計測領域として規定する(ステップ3201)。

【0135】続いて、基準計測領域に含まれるライン全体の平均高さ(Hst)の算出を行う(ステップ3202)。

【0136】続いて、図33(b)に示されるように、平均高さ(Hst)にあらかじめ設定しているオフセット Δth を加算して、相対的なしきい値 Lth を算出する(ステップ2503)。

【0137】続いて、図34(a)に示されるように、算出された相対的なしきい値 Lth を用いてワークのセグメント分割を行う(ステップ3204)。

【0138】最後に、図34(b)に示されるように、HIセグメントの開始エッジ位置と終了エッジ位置から目的とする幅の算出を行う(ステップ3205)。

【0139】このような縦揺れ対策処理によれば、相対しきい値(Lth)は、常に基準測定値に対して一定のオフセット Δth を加算して決定されるため、計測対象となるワークが垂直方向へ移動すれば、これに追従して相対しきい値 Lth も垂直方向へと移動するため、基準しきい値が段差領域から高さ方向へはずれることによる計測不能状況の発生を未然に防止することができる。

【0140】次に、以上説明した縦揺れ並びに横揺れの双方に対する対応策を図35～図37を参照して説明する。このような縦・横揺れ対策の動作フローが図35に示されている。同図において処理が開始されると、まず最初に、図36(a)に示されるように、ワークが移動しても常に計測可能な領域を基準計測領域として規定する(ステップ3501)。

【0141】続いて、基準計測領域に含まれるライン全体の平均高さ(Hst)の算出が行われる(ステップ3502)。

【0142】続いて、図36(b)に示されるように、算出された平均高さ(Hst)にあらかじめ設定しているオフセット Δth を加算して、相対的なしきい値 Lth' の算出が行われる(ステップ3503)。

【0143】続いて、図37(a)に示されるように、算出された相対的なしきい値 Lth' を用いてワークのセグメント分割処理が行われる(ステップ3504)。

【0144】続いて、図37(b)に示されるように、LOWセグメントに関するエッジ位置並びにエッジ中心の算出、さらには、HIセグメントに関するエッジ位置並びにエッジ中心の算出が行われる(ステップ3505)。

【0145】続いて、図37(c)に示されるように、基準となる面であるLOWセグメントの計測領域と、凸部に相当する面であるHIセグメントの計測領域の算出が行われる(ステップ3506)。

【0146】以後、LOWセグメントの高さ(Hst)の算出処理(ステップ3507)、HIセグメントの高さ(Hmeg)の算出処理(ステップ3508)が行われた後、それら算出された値の差を求めることによって段差の算出が完了する(ステップ3509)。

【0147】このような縦・横揺れ対策処理によれば、計測領域は、計測対象物体の水平方向並びに垂直方向のいずれにおいても追従して移動するため、いずれの方向へのワークの移動に対しても計測領域が目的とする領域からはずれてしまうことを回避し、それによる計測不能状況の発生を未然に防止することができる。

【0148】本発明の光学式計測装置は、センサヘッドユニットとワークとの相対移動のみならず、ノイズなどを原因として、合成画像上のいくつかのラインに画像データが確定しないことによる計測不能領域の発生についても、合成画像が生成された後にこれを修復するといった後処理によって、上記の計測不能領域の発生を未然に防止することができる。

【0149】高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図(その1)が図38に示されている。この例にあっては、同図(a)に示されるように、本来の高さ分布においては、何本かの水平ラインに計測不能領域が存在するのに対し、これを同図(b)に示されるように、直前のデータで置換することによって、合成画像上に計測不能領域が生ずることを未然に防止することができる。

【0150】高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図(その2)が図39に示されている。この例にあっては、同図(a)に示されるように、本来の高さ分布にあっては、何本かの水平ラインに計測不能領域が存在するのに対し、同図(b)に示されるように、それら計測不能領域については、その前後に位置するデータで補間するという処理を採用することによって、計測不能領域が発生することを未然に防止することができる。

【0151】高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図(その3)が図40に示されている。この例にあっては、同図(a)に示されるように、本来の高さ分布にあっては何本かの水平ラインにおいて計測不能領域が存在するのに対し、同図(b)に示されるように、ノイズなどによる誤データがこれに加わった場合には、このような誤ったデータについては所定のしきい値をもってレベル弁別して輝度の連続性を判定し、連続性を有する場合に限り、これを直前のデータと同じセグメントと置換することによって、ノイズなどの影響による計測不能領域の発生を未然に防止することができる。

【0152】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、例えば、表面反射率が相違したり、表面に溝が存在したり、表面に傾斜面が存在したり、表面に曲面が存在するような計測対象物に対しても、高精度な断面輪郭線計測が可能なスリット光切断法を使用した光学式計

測装置を提供することができる。

【0153】また、この発明によれば、ノイズ等の原因により断面輪郭線像の一部が局部的に欠落したような場合には、これを適宜に修復可能な光学式計測装置を提供することができる。

【0154】また、この発明によれば、計測対象物表面上のスリット光が照射されている部分の中の特定像部分を目的として計測対象領域を設定して計測を行う場合において、前記特定像部分と計測対象領域とのずれを自動的に修正可能とした光学式計測装置を提供することができ 10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用された変位センサシステム全体の外觀図である。

【図2】センサヘッドユニットの光学系並びに検出対象物体との関係を示す説明図である。

【図3】センサヘッドユニットの内部構成を示す図である。

【図4】信号処理ユニットのハードウェア構成図である。 20

【図5】画像取り込みから計測処理に至るタイムチャートである。

【図6】FPGA及びCPUの詳細を示すブロック図である。

【図7】マルチ画像取得・合成処理を示すフローチャート（その1）である。

【図8】マルチ画像取得・合成処理を示すフローチャート（その2）である。

【図9】ライン毎の処理を示すフローチャートである。

【図10】データ確定処理を示すフローチャートである。 30

【図11】ラインデータレジスタのデータ更新内容を説明する図である。

【図12】映像入力と画像メモリの内容との関係を示す説明図（その1）である。

【図13】映像入力と画像メモリの内容との関係を示す説明図（その2）である。

【図14】映像入力と画像メモリの内容との関係を示す説明図（その3）である。

【図15】受光条件限定の為のティーチング処理の説明図である。 40

【図16】モニタの一般的な表示例を示す説明図である。

【図17】計測不能領域がある画像の為の処理の説明図（その1）である。

【図18】計測不能領域がある画像の為の処理の説明図（その2）である。

【図19】計測用画像表示処理を示すフローチャート（その1）である。

【図20】計測用画像表示処理を示すフローチャート 50

（その2）である。

【図21】受光条件変更の為のティーチング処理の説明図である。

【図22】受光条件変更の処理を示すフローチャートである。

【図23】テーブル書き替え処理を説明する図である。

【図24】計測不能状況が生ずる原因の説明図（その1）である。

【図25】横揺れ対策（高さ計測）の動作フローである。

【図26】セグメント分割処理を示すフローチャートである。

【図27】段差計測時の横揺れ対策の説明図（その1）である。

【図28】段差計測時の横揺れ対策の説明図（その2）である。

【図29】微分によるしきい値算出処理の説明図である。

【図30】窪みの高さ計測時の横揺れ対策の説明図である。

【図31】計測不能状況が生ずる原因の説明図（その2）である。

【図32】縦揺れ対策（幅計測）の動作フローである。

【図33】幅計測時の縦揺れ対策の説明図（その1）である。

【図34】幅計測時の縦揺れ対策の説明図（その2）である。

【図35】高さ計測時の縦、横揺れ対策の説明図（その1）である。

【図36】高さ計測時の縦、横揺れ対策の説明図（その2）である。

【図37】縦・横揺れ対策の動作フローである。

【図38】高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図（その1）である。

【図39】高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図（その2）である。

【図40】高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図（その3）である。

【図41】不良画像が出現する原因の説明図（その1）である。

【図42】不良画像が出現する原因の説明図（その2）である。

【符号の説明】

1 センサヘッドユニット

2 信号処理ユニット

3 コンソールユニット

4 画像モニタ

5 計測対象物体

5a 段部

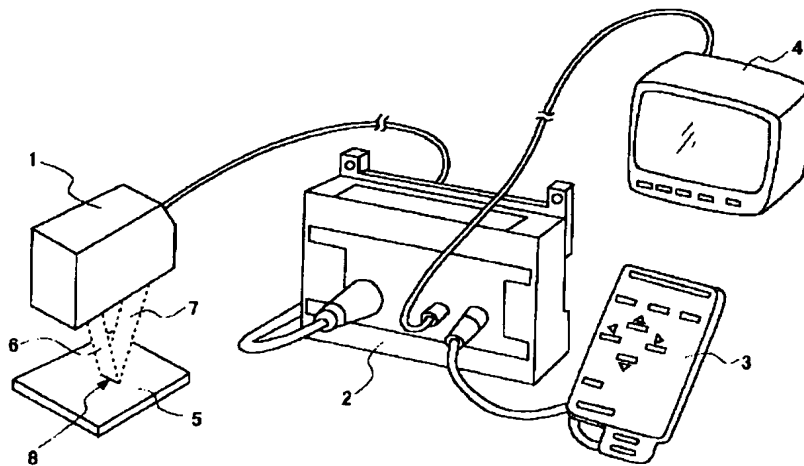
6 スリット光

- 7 スリット光の反射光
- 8 スリット光の照射光像
- 101 タイミング信号発生回路
- 112 スリット光源
- 111 レーザダイオード駆動回路
- 112 レーザダイオード
- 113 投光レンズ
- 121 受光レンズ
- 122 二次元CCDイメージセンサ
- 123 増幅回路
- 124 ハイパスフィルタ
- 125 サンプルホールド回路
- 126 AGC増幅回路
- 131 CCD制御回路
- 141 計測条件格納部
- 201 FPGA
- 201a 画像メモリ制御部
- 201b 特徴抽出部
- 201c ラインバッファメモリ
- 201d アドレス生成部
- 201e ラインカウンタ
- 202 CPU

- * 202a 表示制御部
- 202b 計測部
- 202c 制御部
- 202d データ判定部
- 202e ラインデータレジスタ
- 203 画像メモリ
- 204 表示メモリ
- 205 A/D変換器
- 205a AMP
- 10 206 D/A変換器
- 207 センサヘッド駆動用のインタフェース
- 208 外部インタフェース
- CONT 制御信号
- h 段部の高さ
- L ラインカウンタ
- M 撮影条件
- PWR 供給電源
- SYNC 同期信号
- TH-OK 基準値
- 20 VS 映像信号
- W スリット光の幅

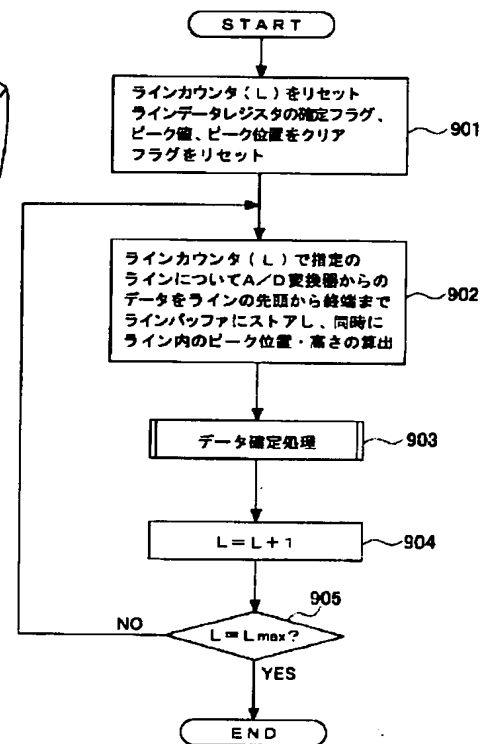
*

【図1】



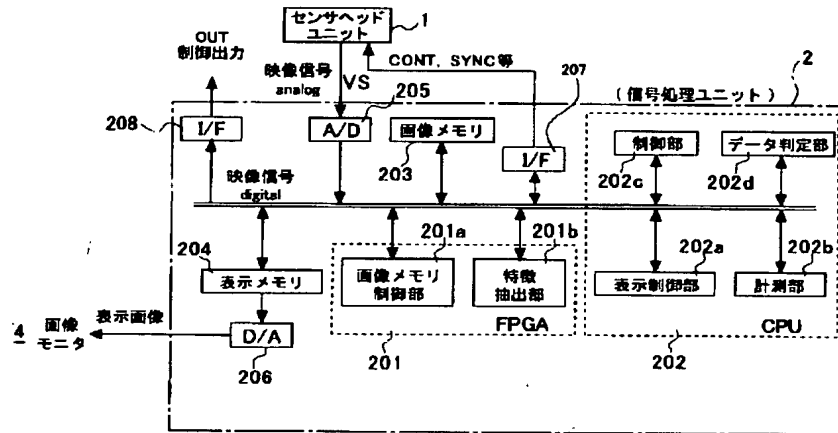
本発明が適用された変位センサシステム全体の外観図

【図9】



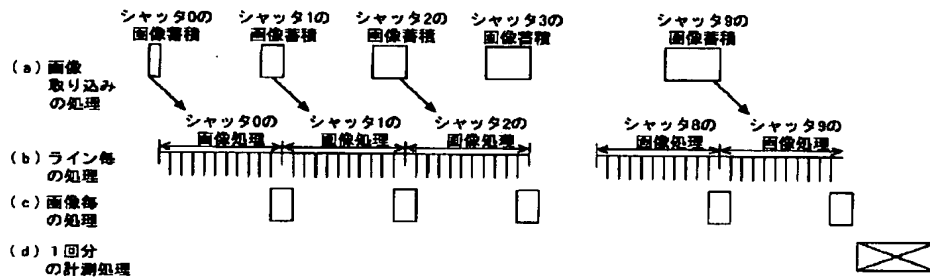
ライン毎の処理を示すフローチャート

【図4】



信号処理ユニットのハードウェア構成図

【図5】



画像取り込みから計測処理に至るタイムチャート

【図15】

<画像メモリの状態>

<シャッタ1>

ライン0,6,7: ゲート通過/計測処理実施

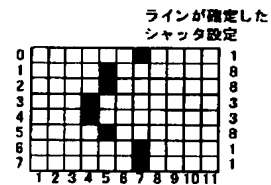
<シャッタ3>

ライン3,4: ゲート通過/計測処理実施

<シャッタ8>

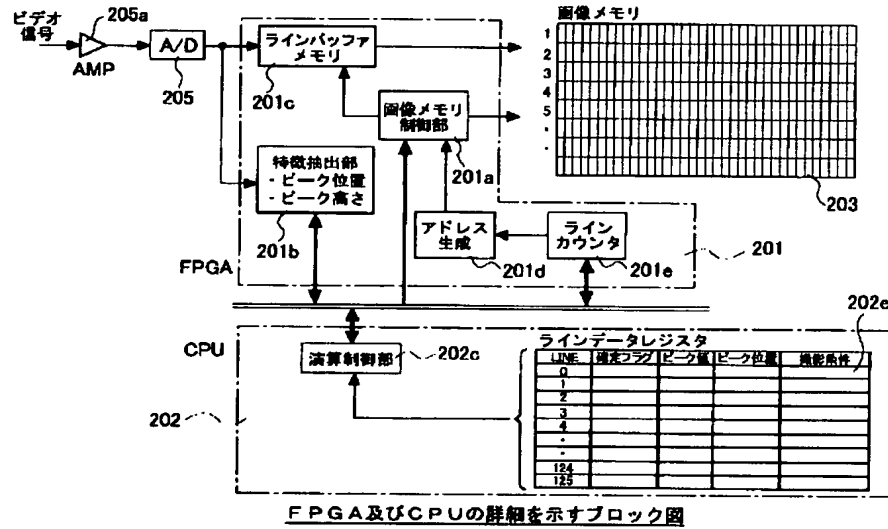
ライン1,2,5: ゲート通過/計測処理実施

ラインNo

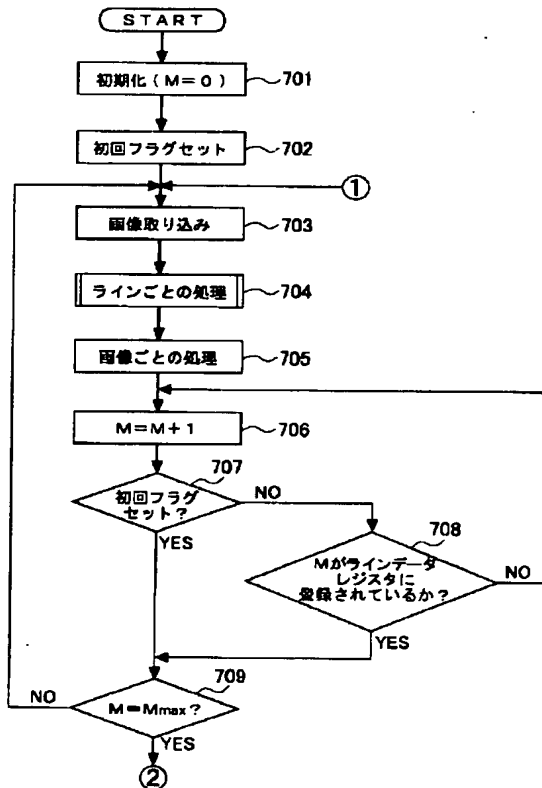


受光条件限定のためのティーチング処理の説明図

【図6】

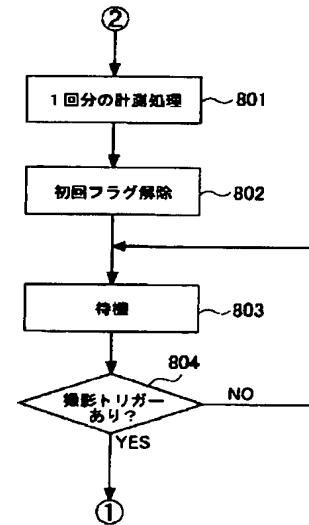


【図7】



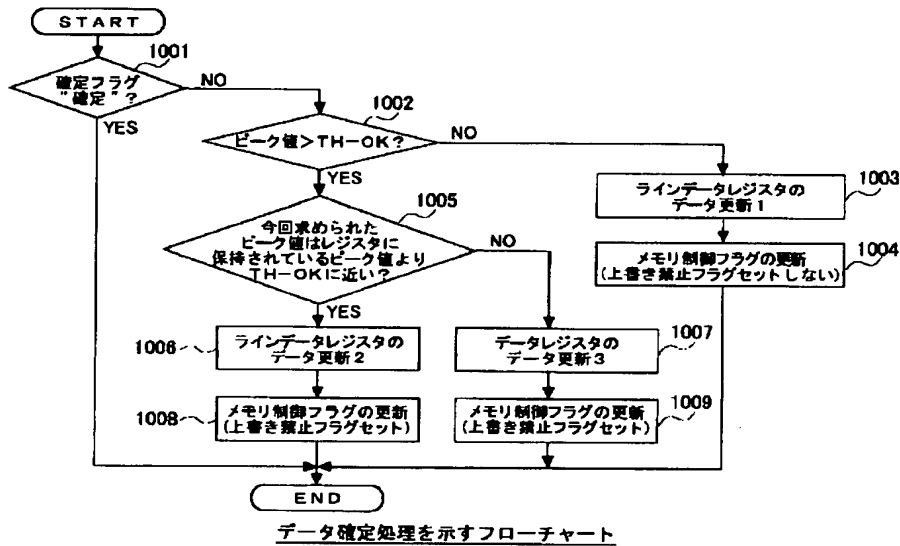
マルチ画像取得・合成処理を示すフローチャート（その1）

【図8】

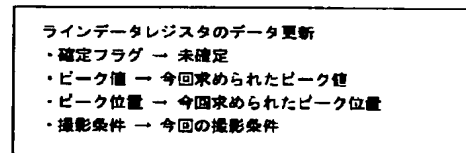


マルチ画像取得・合成処理を示すフローチャート（その2）

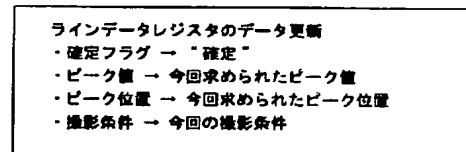
【図10】



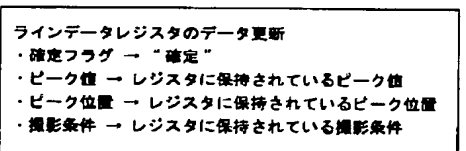
【図11】



(a) ラインデータレジスタのデータ更新1



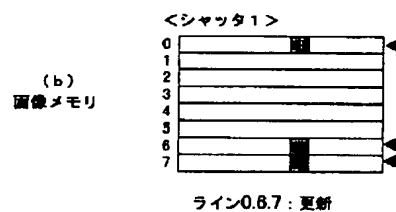
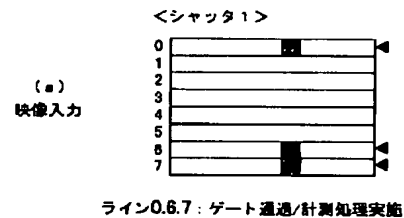
(b) ラインデータレジスタのデータ更新2



(c) ラインデータレジスタのデータ更新3

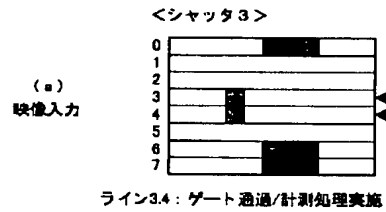
ラインデータレジスタのデータ更新内容を説明する図

【図12】

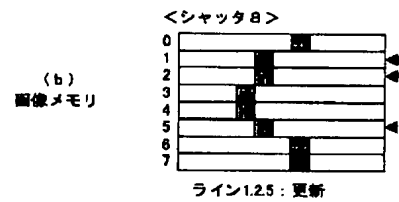
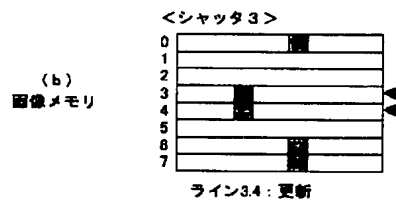
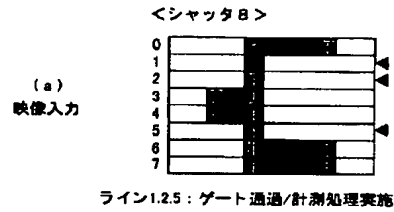


映像入力と画像メモリの内容との関係を示す説明図(その1)

【図13】



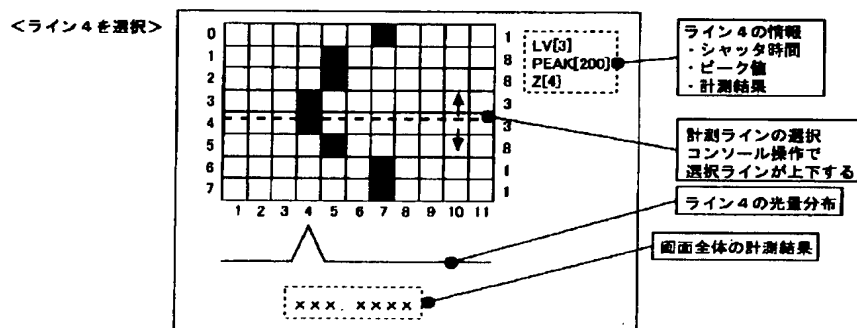
【図14】



映像入力と画像メモリの内容との関係を示す説明図(その3)

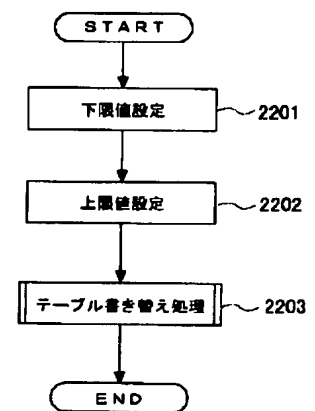
映像入力と画像メモリの内容との関係を示す説明図(その2)

【図16】



モニタの一般的な表示例を示す説明図

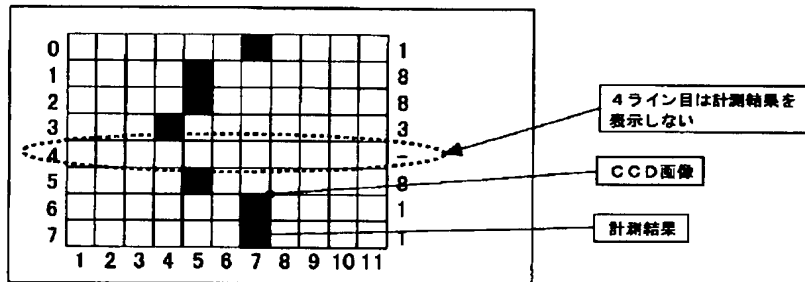
【図22】



受光条件変更の処理を示すフローチャート

【図17】

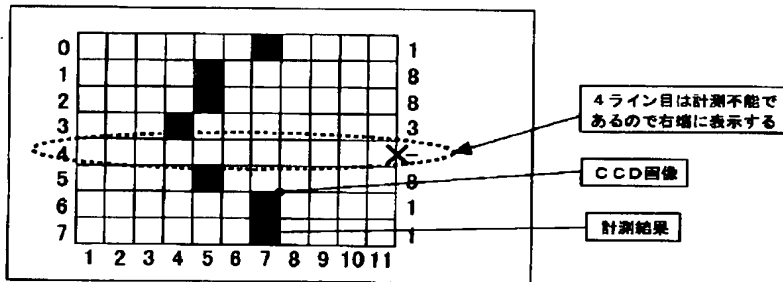
<ライン4が計測不能の場合>計測不能領域の計測結果は表示しない場合



計測不能領域がある画像の為の処理の説明図(その1)

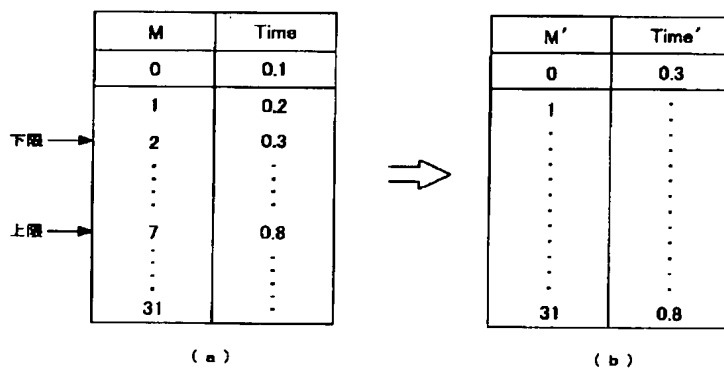
【図18】

<ライン4が計測不能の場合>計測不能領域の計測結果は右端に表示する場合



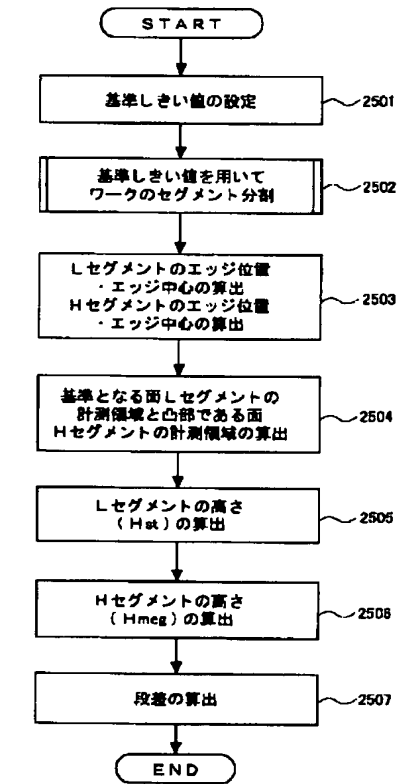
計測不能領域がある画像の為の処理の説明図(その2)

【図23】



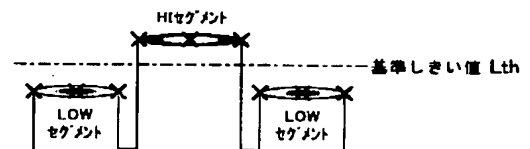
テーブル書き替え処理を説明する図

【図25】



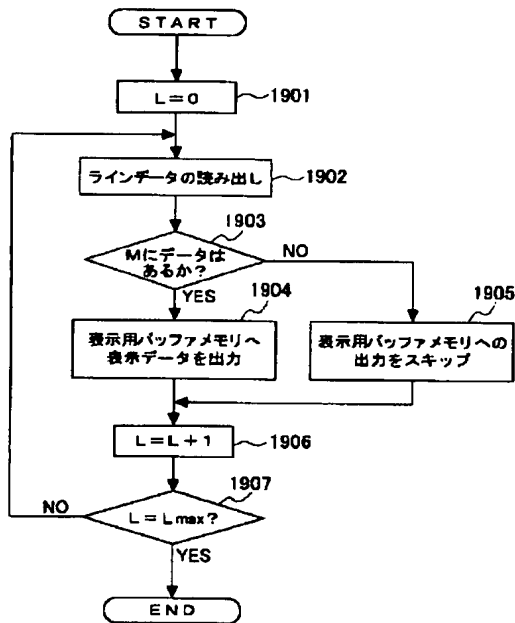
横揺れ対策(高さ計測)の動作フロー

【図30】



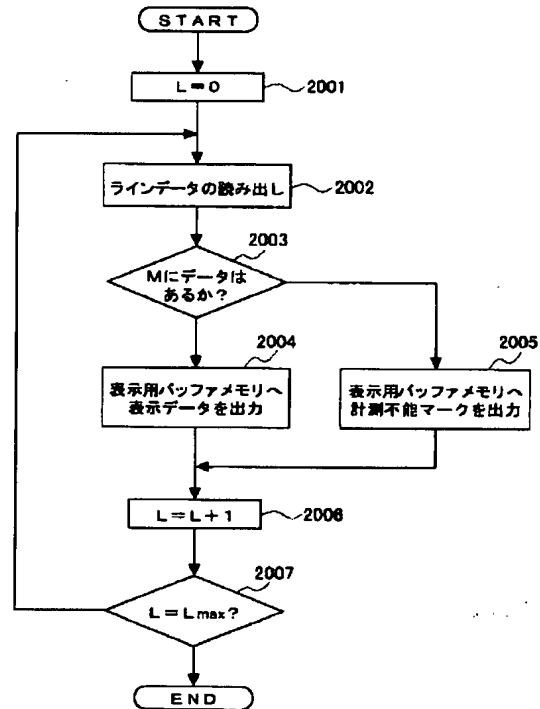
窪みの高さ計測時の横揺れ対策の説明図

【図19】



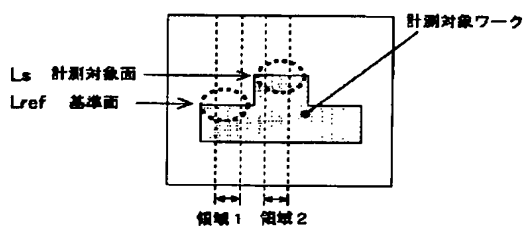
計測用画像表示処理を示すフローチャート（その1）

【図20】

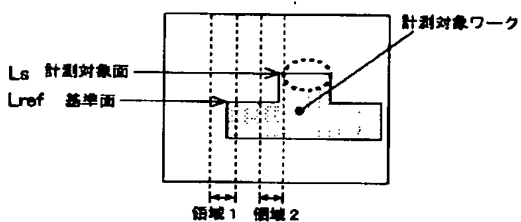


計測用画像表示処理を示すフローチャート（その2）

【図24】



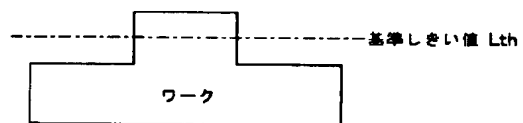
(a) 計測対象領域の設定



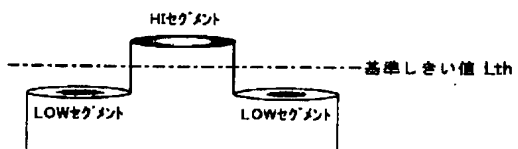
(b) ワークが水平移動した場合

計測不能状況が生ずる原因の説明図（その1）

【図27】



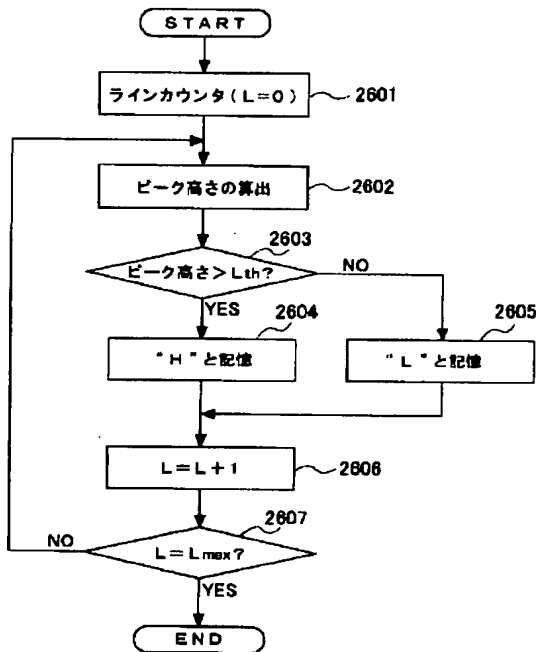
(a) 基準2値化しきい値の設定



(b) セグメント分割

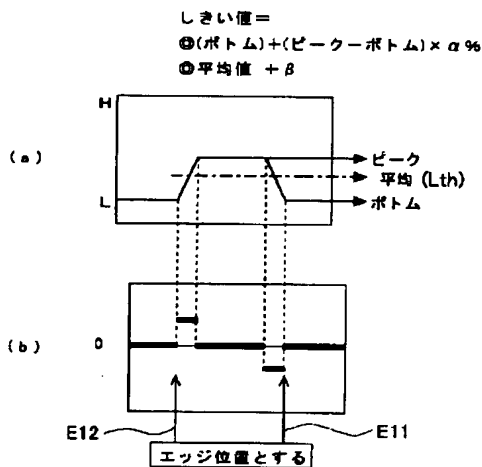
段差計測時の横揺れ対策の説明図（その1）

【図26】



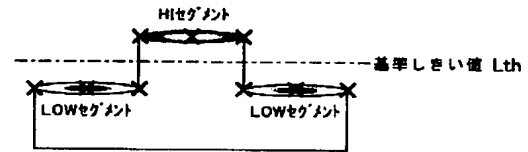
セグメント分割処理を示すフローチャート

【図29】

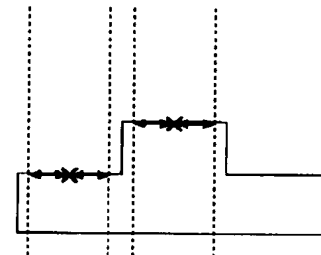


差分によるしきい値算出処理の説明図

【図28】



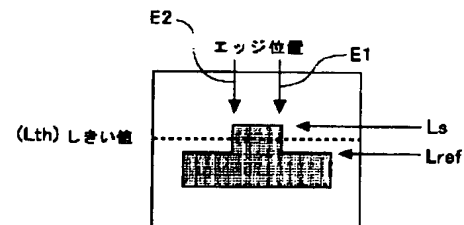
(a) エッジ位置算出



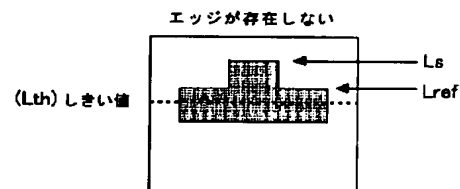
(b) 計測領域の算出

段差計測時の横揺れ対策の説明図 (その2)

【図31】



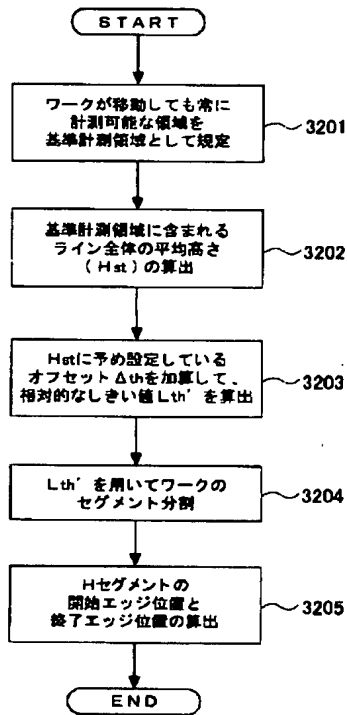
(a) しきい値による計測対象領域の設定



(b) ワークが垂直移動した場合

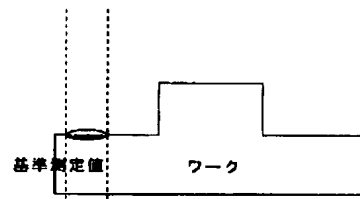
計測不能状況が生ずる原因の説明図 (その2)

【図 32】

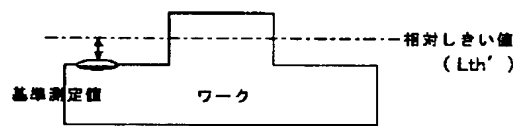


幅計測時の緩揺れ対策の動作フロー

【図 33】



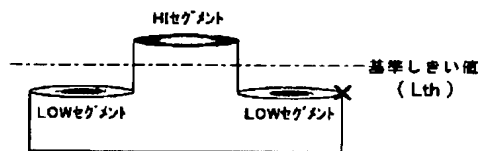
(a) 基準測定点の計測



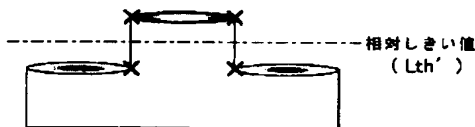
(b) 相対しきい値の算出

幅計測時の緩揺れ対策の説明図 (その 1)

【図 34】



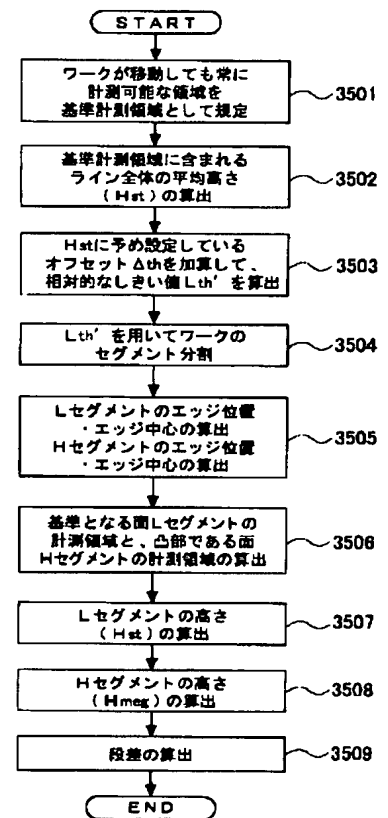
(a) セグメント分割



(b) 幅の算出

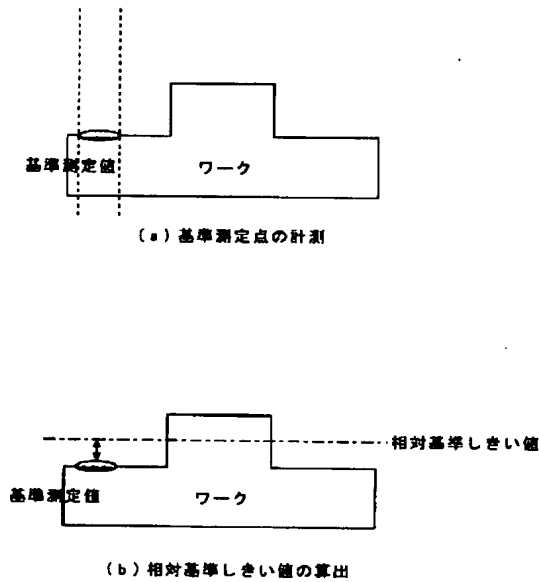
幅計測時の緩揺れ対策の説明図 (その 2)

【図 35】



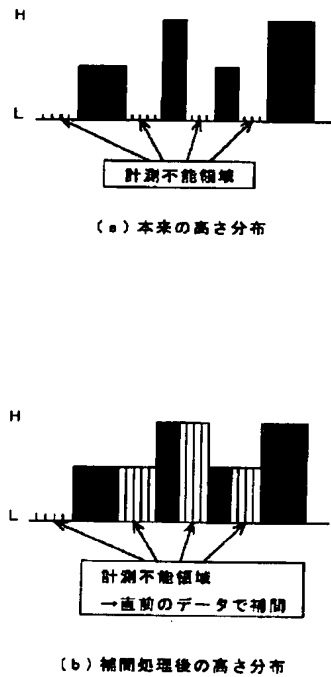
緩・揺れ対策の動作フロー

【図36】



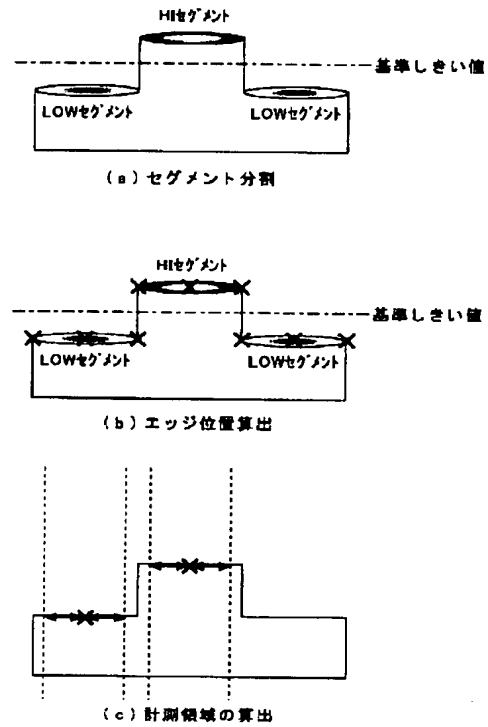
高さ計測時の縦、横揺れ対策の説明図（その1）

【図38】



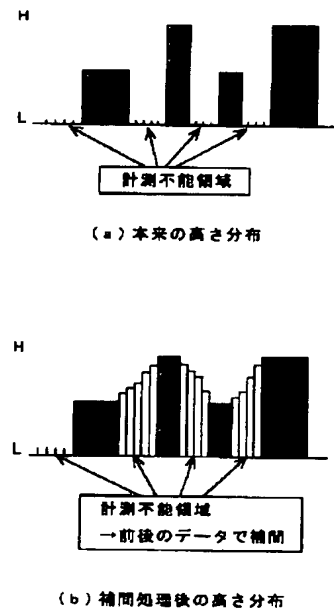
高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図（その1）

【図37】



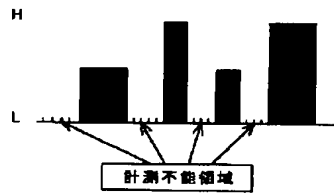
高さ計測時の縦、横揺れ対策の説明図（その2）

【図39】

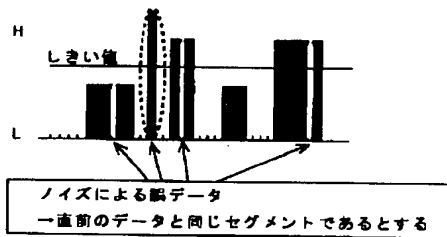


高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図（その2）

【図40】



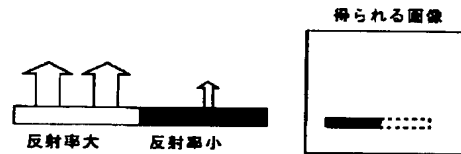
(a) 本来の高さ分布



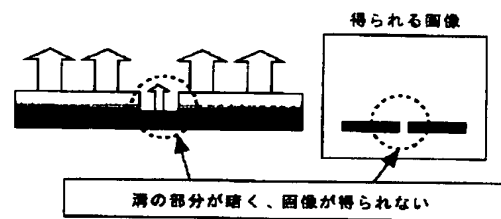
(b) ノイズなどによる影響

高さ分布の計測不能領域に対する処理の説明図(その3)

【図41】



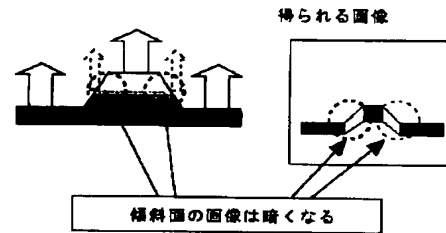
(a) 表面反射率の相違する場合



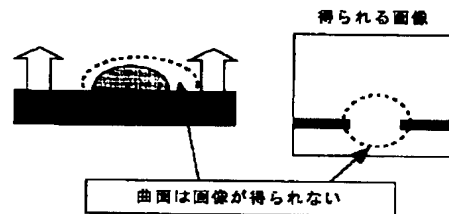
(b) 表面に溝が存在する場合

不良画像が出現する原因の説明図(その1)

【図 42】



(a) 表面に傾斜面が存在する場合



(b) 表面に曲面が存在する場合

不良画像が出現する原因の説明図（その 2）

【手続補正書】

【提出日】平成14年4月3日（2002. 4. 3）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】光源からの光をスリット光に整形して計測対象物体表面に所定角度で照射する投光手段と、計測対象物体表面のスリット光照射位置をスリット光照射角度とは異なる角度から二次元撮像素子を使用して撮影して光切断面の断面輪郭線像を含む画像を取得する撮影手段と、この撮影手段を介して得られる光切断面の断面輪郭線像に基づいて、所定の計測処理を実行することにより計測値及び／又は判定値を生成する計測手段と、を具備する、光切断法を利用した光学式計測装置（『変位センサ』とも称される）は従来より知られている。ここで、スリット光の断面のなす直線の方法は、二次元撮像素子の視野内においては、垂直走査方向に対応する。また、計測装置（一般には、センサヘッド）と計測対象物

体との距離が変化したときにスリット光のなす断面輪郭線像が二次元撮像素子の視野内において移動する方向は、水平走査方向に対応する。これにより、二次元撮像素子の受光面には、光切断面の断面輪郭線像が結像される。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】このとき画像メモリの各区画領域の全てに又は予定される全てに規定の最大輝度条件を満足する区画領域画像が書き込まれたときに、マルチ画像取得手段における画像取得を終了するようにすれば、無駄な画像取得動作を省略してより一層の処理時間の短縮を図ることができる。なお、このとき、画像メモリが1又は隣接する2以上の水平走査ラインで構成される領域毎に区画されてそれぞれが区画領域とされていれば、マルチ画像取得手段を構成する撮像素子からの画像取得単位と画像メモリへの書き込み画像の単位とが一致することから書

き込み制御が容易となり、処理時間の短縮を図ることができる。先に述べたように、スリット光の断面のなす直線方向は、二次元撮像素子の受光面上においては、垂直走査ライン方向に対応する。また、計測装置と計測対*

* 象物体との距離が変化したときにスリット光のなす断面輪郭線像が二次元撮像素子の受光面上において移動する方向は、水平走査ライン方向に対応する。

フロントページの続き

(72) 発明者 河内 雅弘
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
801番地 オムロン株式会社内
(72) 発明者 真野 光治
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
801番地 オムロン株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA06 AA52 BB05 FF04 HH05
HH13 JJ03 JJ08 JJ26 LL04
QQ24 QQ29 QQ31 UU05
5B057 AA04 BA12 BA15 BA19 BA30
CH01 CH11 DA03 DC16 DC22
5L096 CA02 CA14 FA06 FA66